

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA AMBIENTAL**

**TEMA:
VALIDACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN MAPA DE RUIDO DEL SECTOR
LA "J" PERTENECIENTE A LA ADMINISTRACIÓN ZONAL ELOY ALFARO A
TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**AUTORA:
JENNY TATIANA VALVERDE MORETA**

**TUTOR:
CÉSAR IVÁN ÁLVAREZ MENDOZA**

Quito, noviembre del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Jenny Tatiana Valverde Moreta con documento de identificación N° 1725883050, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: VALIDACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN MAPA DE RUIDO DEL SECTOR LA "J" PERTENECIENTE A LA ADMINISTRACIÓN ZONAL ELOY ALFARO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERA AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, noviembre 2021



Jenny Tatiana Valverde Moreta
1725883050

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo Experimental, **VALIDACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE UN MAPA DE RUIDO DEL SECTOR LA "J" PERTENECIENTE A LA ADMINISTRACIÓN ZONAL ELOY ALFARO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA** realizado por Jenny Tatiana Valverde Moreta, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, noviembre 2021



.....
César Iván Álvarez Mendoza
1720100922

DEDICATORIA

El trabajo realizado lo dedico con mucho cariño para mis padres Corina y Carlos Alberto que fueron el sustento en todo momento para la realización de esta Tesis que me ha permitido continuar pese a todo los obstáculos que se presentaron en el trayecto de esta investigación, a mis hermanos, Carlos Andrés, María José y Sophia, a mi cuñada Jos quienes han sido el apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos, ya que con su apoyo y amor profundo, me encaminaron a seguir con la propuesta investigativa quienes, siempre me dieron esperanzas y tuvieron fe en mí. A mis amigas y a los maravillosos padres de mi bella Diani ya que gracias a su apoyo moral me permitieron permanecer con empeño, dedicación y cariño, y a todos quienes contribuyeron con un granito de arena para culminar con éxito la meta propuesta.

Tatto del pasado, lo logramos

AGRADECIMIENTO

*Esta Tesis, si bien ha
requerido de esfuerzo y mucha
dedicación, no hubiese sido
posible su finalización sin la
cooperación desinteresada de mi
Ángel que me acompañó en el
recorrido laborioso de este
trabajo sobre todo por ser un
soporte muy fuerte en momentos
de angustia y desesperación.*

*Adicionalmente quiero
sentar un agradecimiento a mi
tutor el ingeniero César Álvarez
y a mi lector por ayudarme a que
este trabajo sea un trabajo de
calidad y quienes con su amplia
experiencia y conocimientos me
orientaron al correcto desarrollo
y culminación con éxito este
trabajo.*

Mil veces gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema.....	1
1.1.1. Importancia y alcance del tema de investigación.....	1
1.1.2. Mostrar la importancia del problema para los sectores.....	1
1.2. Delimitación	2
1.3. Pregunta de investigación.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Hipótesis	3
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Sonido.....	4
2.1.1. Presión sonora. (NPS)	4
2.1.2. Periodo.	5
2.1.3. Frecuencia.	5
2.2. Ruido	6
2.2.1. Contaminación acústica.....	6
2.2.2. Fuentes generadoras de ruido.....	7
2.2.2.1. Fuentes fijas.....	7
2.2.2.2. Fuentes móviles.	7
2.2.3. Vías y Movilidad dentro del Distrito metropolitano de Quito (DMQ)	9
2.3. Descriptores acústicos	9
2.3.1. Nivel de Presión Sonora (NPS).....	9
2.3.2. Nivel Diurno (Ld).....	10
2.3.3. Nivel Nocturno (Ln).....	10
2.4. Mapas de Ruido	10
2.4.1. Sistemas de Información Geográfica	11
2.4.2. Software de Modelamiento Cadna-A.....	11
2.5. Percepción de la contaminación acústica	13
Materiales Aislantes	14
Materiales difusores	14
2.6. Efectos del ruido en la Salud humana	15

2.6.1.	Exposición al ruido.....	16
2.7.	Normativa de Ruido.....	17
2.7.1.	Internacional.....	17
2.7.2.	Nacional	19
2.7.2.1.	Constitución de la República del Ecuador.	19
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	Diseño	22
3.1.1.	Localización geográfica del área de estudio	22
3.2.	Población y muestra.....	25
3.3.	Variables	26
3.3.1.	Ruido	26
3.3.2.	Estructura arquitectónica del área de estudio	27
3.3.3.	Condiciones meteorológicas	28
3.4.	Recolección de datos	28
3.4.1.	Fase preliminar	28
3.4.2.	Equipos.....	30
3.4.3.	Software	32
3.4.4.	Recolección de datos	34
3.5.	Condiciones de campo.....	34
3.5.1.	Mediciones	34
3.5.2.	Conteo vehicular	34
3.6.	Mapeo	35
3.7.	Validación	36
3.7.1.	Mallado de las superficies	37
3.7.2.	Modelado.....	40
3.8.	Protocolos	45
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1.	Mapeo	46
4.1.1.	Puntos	47
4.1.2.	Zonas	48
4.2.	Validación	49
4.2.1.	Anova	50
4.2.2.	Validación por error de pronóstico	52
4.2.3.	Percepción del ruido.....	54
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1.	Conclusiones.....	56
5.2.	Recomendaciones	57

6.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
7.	ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles máximos permitidos	21
Tabla 2. Horarios de muestreo.....	29
Tabla 3. Flujo Vehicular	35
Tabla 4. Análisis de nivel de presión sonora en los diferentes puntos de estudio	47
Tabla 5. Análisis de nivel de presión sonora en las diferentes zonas de estudio.....	48
Tabla 6. Resultados Anova LS-90	50
Tabla 7. Resultados Anova STL-86.....	51
Tabla 8. Calculo de Error de modelos predictivos	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propagación de una perturbación ejemplificando la vibración del aire con el sonido en un tubo	4
Figura 2. Grafica definición de periodo	5
Figura 3. Ejemplos de Oscilaciones de frecuencias 1 a 10 Hz.....	6
Figura 4. Consideraciones de norma del ruido emitido por los vehículos en un periodo de tiempo, tomado de la norma NT003.....	8
Figura 5. Parámetros modificables dentro del software CadnaA.....	12
Figura 6. Umbral de dolor provocado por el sonido	15
Figura 7. Cuadro de valores guía para ruido urbano en ambientes específicos	18
Figura 8. Niveles máximos de ruido permisibles según eso del suelo	20
Figura 9. Mapa Físico del DMQ	22
Figura 10. Distribución de las administraciones zonales del DMQ.....	23
Figura 11. Mapa de plan habitacional de barrio modelo	24
Figura 12. Captura de zona de estudio delimitada en rojo	25
Figura 13. Sonómetro usado para las mediciones en campo.....	31
Figura 14. Fotografía de GPS usado para las mediciones.....	31
Figura 15. Data exportada de Open Street Maps e importada a CadnaA.....	32
Figura 16. Data cargada en CadnaA.....	33
Figura 17. Vista de ArcGis de zona de estudio con puntos de muestreo localizados.....	36
Figura 18. Mapa de Open Street Maps hacia el programa CadnaA	37
Figura 19. Mallado de superficies e identificación de áreas verdes	37
Figura 20. Consideraciones de horarios de día y noche	38
Figura 21. Entrada de datos de diferentes estructuras bajo modelos de simulación del programa CadnaA	39
Figura 22. Ejemplo de entrada de datos de flujo vehicular bajo el modelo RLS-90	39
Figura 23. Configuración de parámetros del modelo RLS-90	40
Figura 24. Parámetros del modelo RLS-90 para carreteras	41
Figura 25. Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación RSL-90	42
Figura 26. Configuración de modelo STL-86	42
Figura 27. Configuración de parámetros del modelo STL-86	43
Figura 28. Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación STL-86	44
Figura 29. Vista de mapa de ruido en ArcGis.....	46
Figura 30. Configuración de cálculos para los diferentes modelos de predicción de ruido.....	49
Figura 31. Grafica de dispersión de valores arrojados por el programa de simulación vs valores en campo, modelo RLS-90	50

Figura 32. Grafica de dispersión de valores arrojados por el programa de simulación vs valores en campo, modelo STL-86	50
Figura 33. Grafica de valores obtenidos por el programa CadnaA (modelo STL-86) vs Valores obtenidos en campo	53
Figura 34. Grafica de valores obtenidos por el programa CadnaA (modelo RSL-90) vs Valores obtenidos en campo	53
Figura 35. Curva de nivel de presión sonora vs el tiempo de exposición	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Flujograma de Metodologia.....	60
Anexo 2.Mapa de ruido creado en ArcGis	61
Anexo 3.Tablas de muestreo de ruido de la mañana	62
Anexo 4.Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación RSL-90	72
Anexo 5.Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación STL-86	72
Anexo 6.Tabla de datos reales y valores obtenidos mediante el programa CadnaA.....	73
Anexo 7.Toma de puntos.....	74
Anexo 8.Esquina Salvador Bravo	75
Anexo 9.Mercado de solanda	75
Anexo 10.Esquina Cardenal de la torre.....	75
Anexo 11.Afluencia de personas en la calle "J" Dia	76
Anexo 12. Afluencia de personas en la calle "J" Tarde/Noche	76
Anexo 13.Vida nocturna de la "J"	77

RESUMEN

Esta investigación presenta un mapa de ruido de la calle José maría Alemán y sus alrededores, este sector pertenece a la administración zonal Eloy Alfaro, en el sector se encontró una gran afluencia de gente debido a la cantidad de negocios que se ubicados en este conocido sector del sur de la capital, conocido también como la J, el mapa se realizó por medio de sistemas de información geográfica (SIG) a través del programa ArcGis, en conjunto con herramientas de google como lo es Google Earth y Open Street Maps. Adicionalmente la validación de este mapa se realizó por medio del programa de simulación CadnaA mediante la modelación de los niveles de contaminación acústica del sector, permitiendo entregar una herramienta para la aplicación de normativas vigentes dentro de la capital en materia de control de contaminación acústica.

Los diferentes parámetros que se evaluaron para la realización de estos mapas son puntos de medición estratégicos de ruido, los cuales fueron establecidos bajo criterios de afluencia vehicular y fuentes fijas presentes en la zona, al ser considerado uno de los sectores más densamente poblados de la ciudad fue seleccionado para el estudio, escogiéndose así 20 puntos de medición alrededor de toda el área.

Después de ser escogidos los puntos estratégicos fueron tomados los datos respectivos y fueron tabulados, y promediados para así poder realizar el mapa de ruido en la herramienta de ArcGIs y posteriormente ser validados en el Programa CadnaA.

Palabras Clave: Mapa de Ruido, Quito, CadnaA, Sistemas de Información Geográfica

ABSTRACT

This research presents a noise map of José Maria Aleman street and its surroundings, this sector belongs to the Eloy Alfaro zonal government, in the sector was found a large influx of people due to the number of businesses that are located in this known sector of the south of the capital, also known as the J, the map was made through geographic information systems (GIS) through the ArcGis program, in conjunction with Google tools such as Google Earth and Open Street Maps. Additionally, the validation of this map was carried out using the CadnaA simulation programme by modelling the noise pollution levels in the sector, providing a tool for the application of current regulations in the capital in terms of noise pollution control.

The different parameters that were evaluated for the creation of these maps are strategic noise measurement points which were established according to traffic flow criteria and hot spot noise, as it was considered one of the most densely populated sectors of the city, it was taken into account for the study, thus choosing 20 measurement points around the entire study area.

After the strategic points were chosen, the respective data were taken, tabulated and averaged in order to create the noise map in the ArcGIs tool and then validated in the CadnaA program.

Key Words: Noise map, Quito, CadnaA, Geographic information system

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

1.1.1. Importancia y alcance del tema de investigación

La importancia de este trabajo experimental radica en identificar al ruido como uno de los aspectos ambientales más importantes de una metrópoli, del cual se derivan diversos impactos los cuales están directamente relacionados con la salud de la población cercana (estrés, problemas psicológicos, efectos cardiacos, efectos a la audición, capacidad de atención) y con su calidad de vida (dificultad de comunicación e interacciones sociales), ya que dentro de la ciudad se debería considerar a este como un componente importante al instante de conceptualizar la calidad de vida de los habitantes (Ministerio de Ambiente del Ecuador, 2017) y a que a pesar de existir normativa, la falta de herramientas no permiten que diferentes zonas de la ciudad sean evaluadas cabalmente.

El incentivo principal de este estudio es generar un mapa validado que sirva a modo referente para futuras investigaciones en diferentes ramas (sociales o ambientales, acústica) y percibir la afectación que el ruido está teniendo en la población y sobretodo en una zona tan comercial como lo es la de Solanda, específicamente la calle la “J”.

1.1.2. Mostrar la importancia del problema para los sectores

Al realizar un análisis en cifras de lo que representa el ruido en los diferentes sectores de nuestro país, se encontró datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). El 33,14% de los hogares en Quito declararon que se siente afectados por el ruido, siendo un porcentaje significativo en referencia al porcentaje nacional de afectación equivalente al 29,76% (INEC, 2014). Para este estudio se tomó en cuenta la estructura socioeconómica del sector, ya que según estadísticas mundiales de salud (WHO, 2009) el 80 % de ruido que percibe la población dentro de las ciudades, mucho más en el caso de una metrópoli como

Quito, es debido a los automotores, un 10% está relacionado con las industrias, 6% es debido a ferrocarriles y un 4% está ligado a y las actividades comerciales, talleres y pequeñas industrias.

La forma en la que se maneja este contaminante dentro de las ciudades se ha dejado a cargo de cada uno de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales, tal así que en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se ha dejado esto en manos de la Secretaria de Ambiente, esta dependencia municipal ha sido la encargada de monitorear y crear mapas de ruido de distintas zonas consideradas como conflictivas. Dentro del avance de estos mapas de ruido se tiene planificado la creación de un mapa de ruido de la ciudad de Quito, esto se realizará por partes considerando las diferentes administraciones zonales de la ciudad, dentro de la planeación de estos mapas de ruido se consideró para el año 2021 la creación del mapa de ruido de la administración zonal Eloy Alfaro.

1.2. Delimitación

La zona de estudio considerada para esta investigación, se tomó en cuenta debido a que se encuentra dentro de la planificación de la Secretaria de Ambiente en lo que respecta a la creación de mapas de ruido dentro del DMQ, esta zona se encuentra dentro de la administración Zonal Eloy Alfaro, la calle José María Alemán también llamada “la J” y es conocida por ser uno de los sectores con más afluencia de gente debido a la gran cantidad y variedad de negocios que operan en ella.

El sector de estudio está comprendido por las calles Salvador Bravo al norte, la Av. Solanda al sur, la calle José María Alemán al este y la av. Cardenal de la torre al oeste, tiene una importante densidad poblacional, ya que está compuesta por numerosas edificaciones y conjuntos habitacionales estructurados de manera particular (Lefthandrotation, 2018), la cantidad de personas que residen en esta zona son los principales afectados por el

ruido que se produce en este sector (Pinto & Moreno Mardones , 2018), con la obtención del mapa de ruido para esta zona se podrá saber en qué medida están siendo afectada esta población y se podrán plantear recomendaciones sobre acciones a tomar para evitar que el ruido sea o siga siendo un problema. (Lobos, 2008)

1.3. Pregunta de investigación

¿Porque representan un problema las emisiones de ruido en el sector la J? ¿Pueden ser estas emisiones cuantificables y visibilizadas de algún modo que nos permita identificar los puntos críticos de la zona?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Producir un mapa de ruido a través de diferentes herramientas de información geográfica y validar la misma a través de un software especial de simulación de ruido.

1.4.2. Objetivos específicos

Obtener información del sector relevante para la realización del mapa de ruido de la zona.

Producir un mapa de ruido en base a información del sector.

Validar los resultados del mapa en campo con la finalidad de corroborar la información del mapa.

1.5. Hipótesis

A mayor desarrollo de una zona (población, fuentes fijas y móviles) se provocan mayores niveles de ruido dentro del sector.

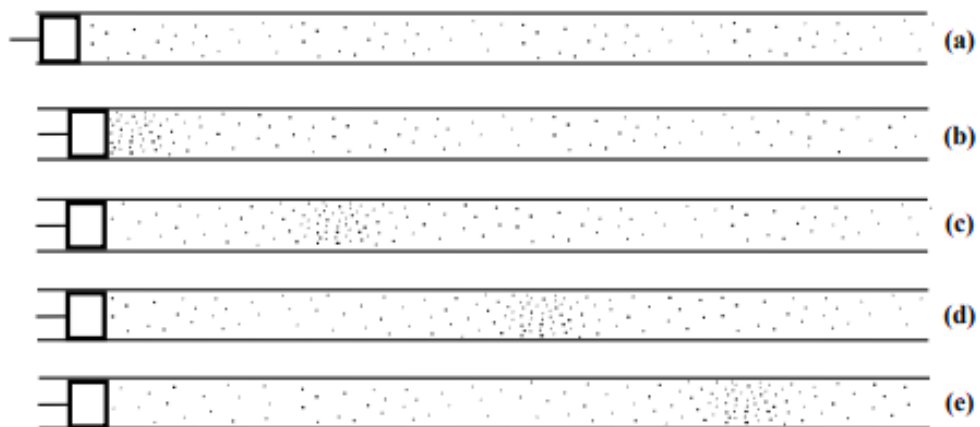
2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sonido

El sonido puede ser definido como una vibración mecánica con variaciones de presión en forma de ondas que se propagan a través de un material elástico (aire) y es capaz de producir una sensación auditiva y que puede ser receptada dentro de ciertos rangos por el oído humano. (Isbert A. C., 1998) Véase figura 1. Propagación de una perturbación ejemplificando la vibración del aire con el sonido en un tubo

Figura 1

Propagación de una perturbación ejemplificando la vibración del aire con el sonido en un tubo



Nota: a) el aire en reposo, las partículas repartidas uniformemente, b) ocurre una perturbación haciendo que el aire se concentre cerca del pistón aumentando la presión c), d), e) la perturbación se propaga progresivamente alejándose de la fuente. Tomado de *Control de ruido*, por Miyara, 1999.

2.1.1. Presión sonora. (NPS)

El sonido al viajar en forma de una onda posee una oscilación, la manera técnica de representar la magnitud de esta según (Isbert A. C., 1998) es a través de la presión sonora, es decir la fuerza que ejerce la partícula de aire por unidad de superficie.

La presión sonora puede ser determinada por una ecuación esta será:

Ecuación 1

$$NPS = 10 \log_{10}(10^{\frac{x_1}{10}} + 10^{\frac{x_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{x_n}{10}})$$

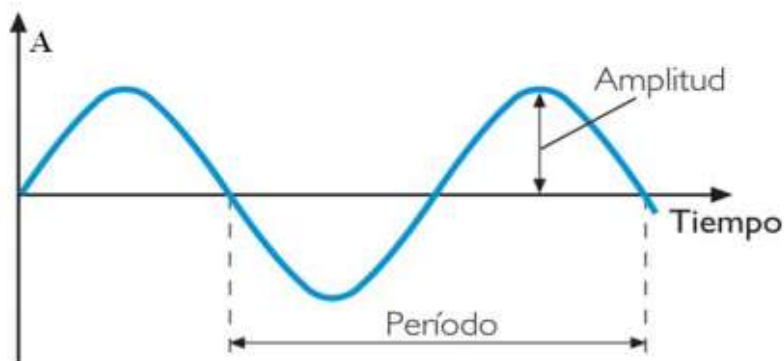
Se expresa en decibeles (dB), al ser dado por una escala logarítmica un incremento de 1dB no representa un incremento fijo sino un aumento relativo.

2.1.2. *Periodo.*

Según (Pérez de Siles Marin, 2001) el periodo es el tiempo en que un ciclo completo de una onda sonora tarda en producirse. Véase figura 2. Grafica definición de periodo.

Figura 2

Grafica definición de periodo



Nota: descripción de una onda de sonido en el tiempo descripción de periodo y amplitud de onda.
Tomado de *Fundamentos del Sonido*, por Ardizzi, 2011.

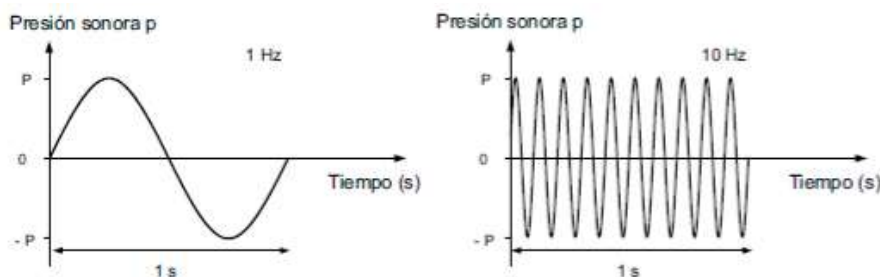
2.1.3. *Frecuencia.*

Al ser una onda, el sonido puede ser medido a través del tiempo a esta medición la conoceremos como frecuencia, esta frecuencia coincide con la vibración mecánica que la ha generado (Isbert A. C., 1998), la frecuencia está dada en Hertzios (Hz) esta unidad de medida representa un ciclo de una onda por segundo. Esta característica del sonido es la que la definirá como aguda o grave, a mayor amplitud de la onda grave a menor amplitud de la onda aguda (Montalvo Herdoíza

& Moreira-Vera, 2016). Véase figura 3. Ejemplos de oscilaciones de frecuencias 1 a 10 Hz.

Figura 3

Ejemplos de Oscilaciones de frecuencias 1 a 10 Hz



Nota: Tomado de *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*, por Isbert, 1998.

2.2. Ruido

2.2.1. Contaminación acústica

Dentro de las definiciones del Código Orgánico de Ambiente (2018) podemos definir a contaminante como: “cualquier elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, que causen un efecto adverso a los ecosistemas” (p.4).

El ruido es un factor importante en la contaminación, particularmente en zonas residenciales. Esto ha llevado al desarrollo de diferentes políticas para su control (Kluijver & Stoter, 2003). Los sonidos son formados por ondas en el aire que son captadas por el oído humano, el sonido se mide en decibeles [dB] estos son una escala logarítmica, cuando los decibeles sobrepasan ciertos niveles se considera ruido, el ruido puede ser molesto y causar diversos efectos relacionados con la salud además de efectos como el estrés. (Kluijver & Stoter, 2003).

Tenemos que considerar a diversos autores entre ellos a Castro (2015) afirma que:

La periodicidad de los sonidos es importante ya que, los sonidos no periódicos son los que nuestro cerebro aprecia como más molestos, los muy agudos son más

dañinos que los graves, los ruidos muy cortos y muy fuertes, como martillazos o explosiones, estos también son especialmente peligrosos, los muy fuertes que se traducen en vibraciones mecánicas, debilitan las estructuras de los edificios. (p.2)

2.2.2. Fuentes generadoras de ruido

El ruido se puede conceptualizar de maneras bastante distintas, el componente generador del ruido se llama fuente sonora o fuente emisora. Dentro de la clasificación de los sonidos están los sonidos aleatorios, estos están formados por muchas frecuencias de valor impredecible. Habitualmente reciben el nombre de ruidos (ruido = sonido no deseado) (Isbert A. C., 1998).

2.2.2.1. Fuentes fijas.

La fuente fija de ruido se considera a una fuente emisora de ruido según la Secretaría de Ambiente (2018) a:

Un conjunto de fuentes emisoras de ruido asentadas dentro de límites físicos y legales de un dominio situado en un lugar fijo o determinado, ejemplo de estas fuentes son metal mecánicas, lavaderos de carros, fábricas, terminales de buses, discotecas, etc (p.4).

2.2.2.2. Fuentes móviles.

Se entiende como fuentes móviles de ruido según la Secretaría de Ambiente (2018) a:

Todo vehículo motorizado que pueda emitir ruido al entorno, si una Fuente Móvil de Ruido (FMR) se encontrase dentro de los límites de una Fuente Fija de Ruido (FFR) será considerada como una Fuente Emisora de Ruido (FER) perteneciente a esta última (p.4).

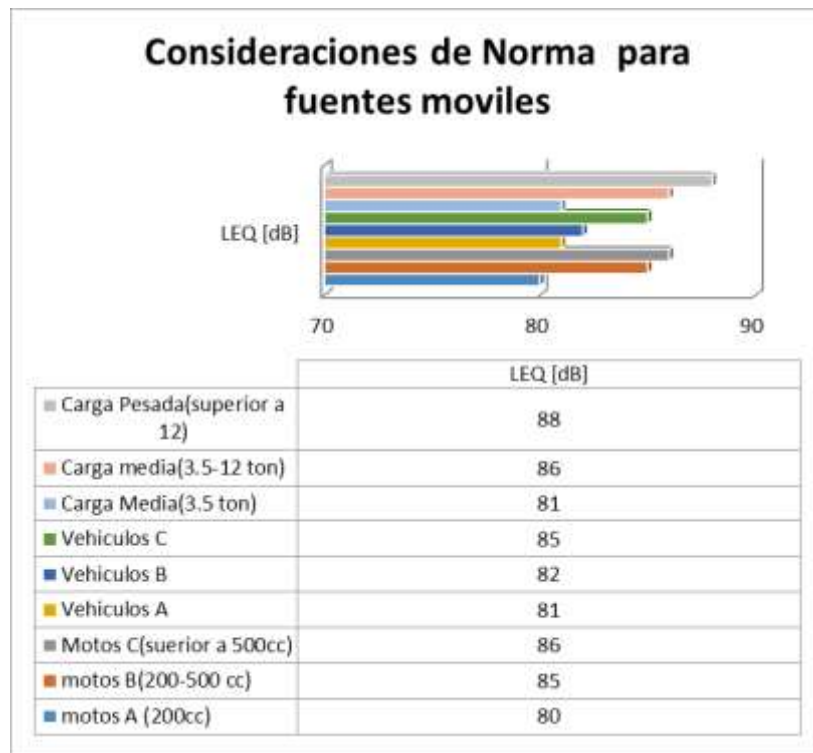
Según (Martínez Sandoval, 2005) el ruido es de los contaminantes más baratos de producir, ya que se requiere muy poca energía para su emisión, esto principalmente en las ciudades es causado por el tráfico urbano, este incremento eleva las externalidades ambientales, las cuales estarían directamente relacionadas con el aumento de automotores, motocicletas y demás vehículos.

El ruido que emiten los vehículos es cuantificable y verificable dado que según la Norma Técnica de ruido de la ciudad de Quito los motores de los vehículos, sean estos motocicletas, automóviles, camiones, buses o busetas pueden llegar a emitir diferentes decibeles de ruido, eso representa un problema especialmente si consideramos que el ruido es una onda que se expande en el aire y perjudica a las personas que se encuentren en el radio de expansión de esta onda.

A continuación, en la figura 4, se presenta la tabla en la que se clasifican los ruidos emitidos por los diferentes motores en la ciudad de Quito.

Figura 4

Consideraciones de norma del ruido emitido por los vehículos en un periodo de tiempo, tomado de la norma NT003



Nota: Modificado de NT003, Quito, 2018.

2.2.3. Vías y Movilidad dentro del Distrito metropolitano de Quito (DMQ)

Dentro del DMQ, la zona de estudio se identifica como una zona urbana dentro de una zona urbana, dentro de él plan maestro de movilidad para el distrito metropolitano de quito 2009-20025 se considera que “Existe un volumen de 25 000 vehículos por hora circulando en las calles de la capital, esta proyección es realizada para el año 2020 considerándola como el valor máximo de tráfico en zonas urbanas” (PMM, 2009).

2.3. Descriptores acústicos

2.3.1. Nivel de Presión Sonora (NPS)

Su origen se remonta los años 60’s en donde fue usado para estimar el nivel de exposición sonora a las cuales un trabajador ha sido sometido durante un periodo de tiempo (Miyara, 1999). Podemos definir el nivel de presión sonora como un nivel de presión sonora constante, a razón de que en un mismo intervalo de tiempo contiene la misma energía total del ruido medido (Secretaria de Ambiente, 2018).

Este tipo de vibraciones puede ser percibido por instrumentos como el sonómetro, ya que puede programarse para tomar mediciones en un periodo constante. El sonómetro es un instrumento que nos ayuda a medir la presión sonora a nivel global con una lectura directa, ya que las ondas sonoras son receptadas por el micrófono y traducida en decibelios a través de una pantalla.

2.3.2. Nivel Diurno (*L_d*)

El nivel diurno está establecido por la norma ISO 1996-2,1987 donde se considera el ruido en un periodo considerado dentro de un lapso de 10-15 horas que constituirán el día, estas horas dependerán de la legislación nacional de cada país. Dentro de la legislación para el DMQ dictado en la norma (Secretaria de Ambiente, 2018) el periodo diurno es considerado desde las 7:01 hasta las 21:00 horas.

2.3.3. Nivel Nocturno (*L_n*)

Dentro de la legislación para el DMQ dictado en la norma (Secretaria de Ambiente, 2018) el periodo nocturno es considerado desde las 21:01 hasta las 7:00 horas

2.4. Mapas de Ruido

El principal objetivo de este tipo de mapas es determinar cuánto ruido es producido en una zona a partir de la cantidad de sonido medido en dB que se genere por puntos de medición. Los mapas de ruido son una herramienta muy útil y visualmente fácil de comprender, ya que se puede medir los niveles de afectación que puede sufrir la población aledaña, para el caso de ciudades, en nuestro país la responsabilidad de controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido (COA, 2018) .La responsabilidad de controlar estos

aspectos recae en los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental mencionado así en el COA (2018): “En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, coordinadas con políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional”(p.18).

2.4.1. *Sistemas de Información Geográfica*

Los sistemas de información geográfica (SIG) según (Gonzalez, 2007) son herramientas tecnológicas que permiten el manejo de la información, valiéndose de equipos electrónicos programados apropiadamente para manejar datos de información espacial, que se traducen en un análisis gráfico.

(Gonzalez, 2007) Señala que el valor latente de los SIG se debe a que es considerada de vital importancia para la resolución de problemas en diversos campos, por los diversos atributos con los que se puede trabajar, la cartografía, bases de datos, topología, es lo que remarcan la sustancia de los SIG dentro del campo de la investigación, la sociología, la planificación urbana y logística.

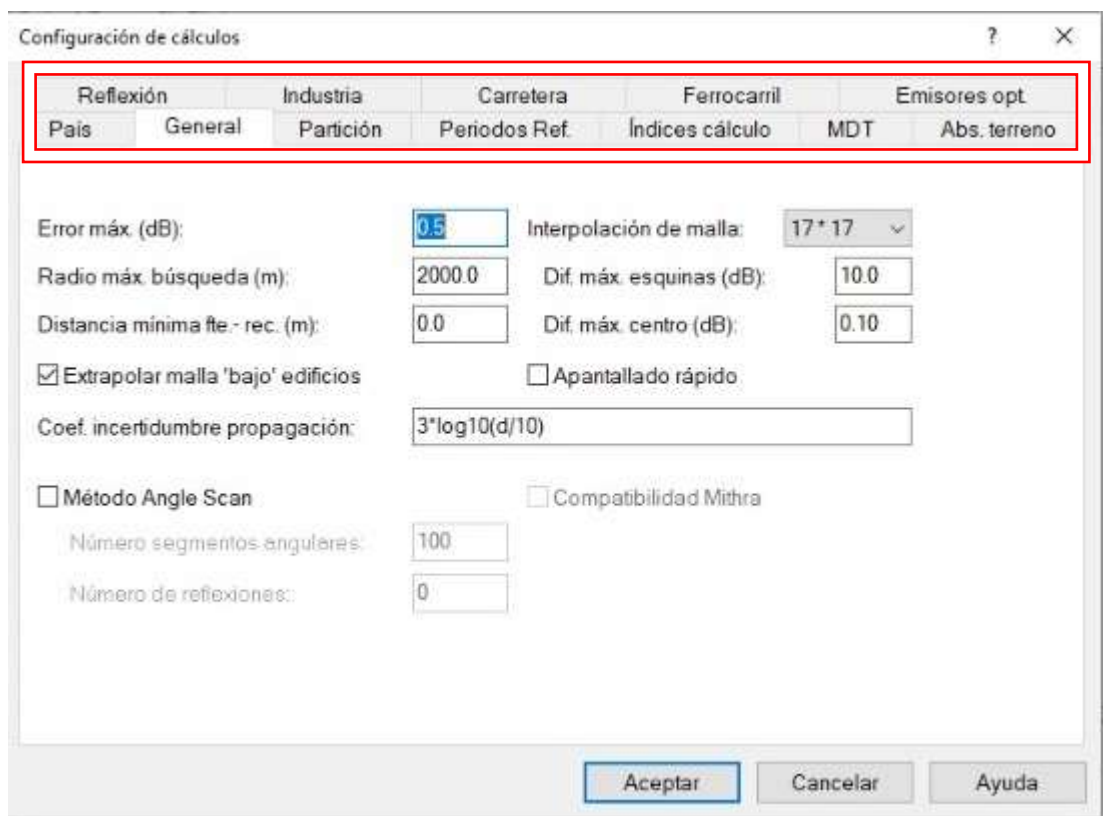
2.4.2. *Software de Modelamiento Cadna-A*

El software de modelamiento de ruido Computer Aided Noise Abatement (Cadna-A) según (Borja, 2017), es un software que permite la generación de mapas de ruido de una manera que su presentación sea ágil, permite integrar diferentes receptores de ruido a través de modelos estadísticos de simulación de ruido, permite recoger los niveles de ruido de todas las fachadas, considera también todos los parámetros que intervienen en la propagación del ruido a través de los espacios.

Con la finalidad de generar mapas estratégicos de ruido que permitan la comprensión de este contaminante de manera global, existen dentro del software CadnaA diferentes tipos de modelos matemáticos capaces de predecir el ruido para áreas complejas o con geografías muy extensas, de este modo el software de modelamiento nos permite simular los diversos niveles de ruido. Véase figura 5. Parámetros modificables dentro del software CadnaA

Figura 5

Parámetros modificables dentro del software CadnaA



Nota: Parámetros modificables dentro de software Cadna A

2.4.2.1. Modelo de predicción de ruido RLS-90

El modelo de predicción RLS-90, de sus siglas en alemán *Richtlinien für den Lärmschutz an Straben* (Directrices para la protección contra el ruido en carreteras), este modelo de cálculo resulta bastante efectivo ya que predice la contaminación acústica en promedio de horas determinando lo que se conoce como tráfico rodado, con el porcentaje de

vehículos pesados contrastando con la cantidad de vehículos totales, toma en cuenta también la geometría del área de estudio, la absorción del aire y la reflexión del sonido sobre las superficies o estructuras que compongan el área de estudio, además de suponer pendientes menores al 5% y dar cabida a que el operador pueda modificar la velocidad de los vehículos al igual que la otros parámetros de cálculo.

2.4.2.2. Modelo de predicción de ruido STL-86

El STL-86 es el modelo oficial de predicción de tráfico rodado de Suiza, este fue actualizado en 1995, posee una precisión mayor con respecto a los datos de ruido ingresados, evaluando fenómenos acústicos de propagación del sonido en el ambiente.

Ecuacion 2

$$L_w = A + 10 \log \left[\left(1 + \left(\frac{v}{50} \right)^3 \right) * \left(1 + B * \varepsilon \left(1 - \frac{v}{150} \right) \right) \right] + 10 \log(N) + Coor$$

Donde

A=43, constante empírica

B= 20, constante empírica

v= es la velocidad media de todo el flujo vehicular

ε ==razón entre el número de vehículos pesados y la cantidad total de vehículos

N=flujo total de vehículos por hora

Coor =correlación entre la pendiente y la carretera o vía a analizar

2.5. Percepción de la contaminación acústica

Al ser una onda el ruido es percibido por el oído humano causando diferentes niveles de afectación pero este ruido es transmitido por el aire y si bien es cierto podemos salvaguardarnos de este fuerte contaminante también es cierto que las ondas tienen la

capacidad de resonar en diferentes materiales por lo cual se la consideran importantes aquellos ruidos que estén sujetos a las propiedades y magnitudes del cerramiento entre los ambientes, la frecuencia de las ondas sonoras, del componente de amortiguamiento del cerramiento y de la absorción de los revestimientos en el ambiente receptor

Para Miraya esto nos quiere decir que “las propiedades acústicas de los materiales estructurales que se encuentren en la zona de estudio determinaran el comportamiento del ruido ya sea en el interior de la estructura como en el exterior” (Miyara, 1999). Podrán definirse las categorías de materiales Absorbentes, materiales Aislantes y materiales difusores.

Materiales Absorbentes según Miyara (1999) este tipo de materiales “absorben la energía acústica de las ondas que inciden en su área transformándola en calor, y disminuyendo por lo tanto la energía acumulada en un recinto. Tienen un coeficiente de absorción sonora notable.”

Materiales Aislantes. _ para Miyara este tipo de materiales “impiden la propagación del ruido de un recinto a otro. Su pérdida de transmisión es alta.” (Miyara, 1999)

Materiales difusores. _ Miyara considera que “contribuyen a conseguir un campo sonoro más difuso, y por lo tanto permiten mantener el control de resonancias y otros deficiencias acústicos” (Miyara, 1999)

Para Miyara existe una forma de determinar los diferentes niveles de absorción de ruido que tendrá cada material, “en función de la frecuencia de sonido que emita la fuente emisora de ruido” (Miyara, 1999), a partir de esto podremos determinar cuál sería el material optimo del cual se deberían construir las edificaciones que se ubiquen en zonas urbanas, los elementos constitutivos de las estructuras, llámense en este caso, casas, negocios, locales, mercados, entre otros, de preferencia deberían ser materiales duros tales como el hormigón, es

decir materiales lo suficientemente rígidos y no porosos para que así el ruido no se disipe al interior de la edificación.

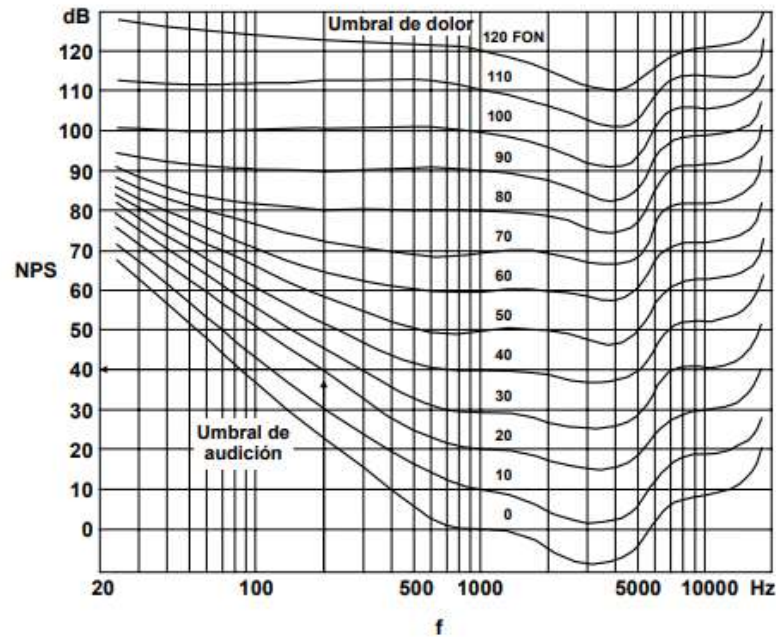
2.6. Efectos del ruido en la Salud humana

"Los efectos que puede provocar el sonido permanecen asociados primordialmente a perturbación del sueño, además las exposiciones prolongadas al sonido tienen la posibilidad de ocasionar complejidad en concentración, atención, comunicación, cambios al estado de ánimo y alteraciones del sistema cardiovascular" (COMERCIO, 2019). Dentro del DMQ un indicador que se podría considerar para referirnos al ruido como un problema que aqueja a los quiteños, es la gran cantidad de denuncias presentadas a la autoridad competente al respecto, el ruido genera diferentes afectaciones a la salud humana, para ello se han determinado límites permisibles que no deberían sobrepasarse, estos límites se basan en los límites establecidos por la OMS (Parra & Cuesta Ruiz, 2018).

Para que el ruido no se convierta en un problema que aqueje a la sociedad, se debe tomar acciones al respecto, para el caso de ruido nos referiremos a una serie de pautas, técnicas y medidas específicas para mantener los niveles de ruido dentro de los límites permisibles, para un mayor bienestar y para no poner en peligro la salud auditiva. (Miyara, 1999, p.81). Vease umbral de dolor provocado por el sonido en la figura 6.

Figura 6

Umbral de dolor provocado por el sonido



Nota: Curvas de Fletcher y Munson. Un tono de 200hz y 40dB de NPS provocara la misma sensación de sonoridad que uno de 1000hz y 20 dB de NPS. Tomado de *Control de ruido*, por Miyara, 1999.

2.6.1. Exposición al ruido

Después de conocer cuáles son los efectos a la salud humana del ruido, se debe acotar que al tratarse de un contaminante el ruido en las ciudades no puede mitigar del todo, con esta finalidad se han creado normativas que regulen el mismo, permitiendo una buena calidad de vida a los ciudadanos.

2.6.1.1. Calculo del tiempo máximo de exposición al ruido

A pesar de las normativas y los parámetros existentes es necesario conocer cuál es el tiempo máximo de exposición al ruido en relación con el nivel de presión sonora.

Ecuacion 3

$$T = \frac{t_e}{2 \left(\frac{NPS - ruido}{5} \right)}$$

Donde

T= Tiempo de exposición máximo al ruido, en horas.

t_e = Tiempo de exposición al ruido en horas.

NPS= Nivel de presión sonora

Ruido= Ruido medido en decibeles

2.7. Normativa de Ruido

2.7.1. Internacional

El ruido aparece como una sombra invisible que perturba la vida de las personas que tienen que convivir con él, tal así que al respecto se han manifestado miembros de la Organización Mundial de la Salud (OMS) tal como la directora de la Oficina Regional para Europa de la OMS, Zsuzsanna Jakab quien opina que: “Más que una molestia, el ruido excesivo es un riesgo para la salud, que contribuye a enfermedades cardiovasculares, por ejemplo: debemos actuar sobre muchas fuentes de contaminación acústica, como vehículos motorizados, clubes nocturnos y conciertos ruidosos, para proteger nuestra salud” (Jakab, 2018). En base a esto en 1999 la OMS emitió y publicó una guía de límites permisibles de ruido para las ciudades considerándolo ruido urbano, esta guía ha sido la base para la preparación de normas, según (Berglund, Lindvall, & H Schwela, s.f) el estudio del ruido se ha limitado por la falta de conocimiento sobre sus consecuencias relacionadas con la salud y falta de criterios definidos, por ello la OMS ha decidido abordar el ruido con normativas y diferentes opciones dirigidas a su minimización.

Las guías para ruido urbano contemplan al ruido como uno de los contaminantes en aumento, tal es así que para la OMS los niveles de ruido dependerán de los ambientes de los cuales se trate, a continuación, en la figura 7 se presenta una tabla en la cual se detallan los diferentes ambientes y niveles de ruido máximos, mínimos tolerables para cada ambiente y sus potenciales efectos sobre la salud.

Figura 7

Cuadro de valores guía para ruido urbano en ambientes específicos

Ambiente Específico	Efecto(s) crítico(s) sobre la salud	L_{Aeq} [dB(A)]	Tiempo [horas]	L_{max} fast [dB]
Exteriores	Molestia grave en el día y al anochecer	55	16	-
	Molestia moderada en el día y al anochecer	50	16	-
Interior de la vivienda, dormitorios	Interferencia en la comunicación oral y molestia moderada en el día y al anochecer	35	16	
	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	45
Fuera de los dormitorios	Trastorno del sueño, ventana abierta (valores en exteriores)	45	8	60
Salas de clase e interior de centros preescolares	Interferencia en la comunicación oral, disturbio en el análisis de información y comunicación del mensaje	35	Durante clases	-
Dormitorios de centros preescolares, interiores	Trastorno del sueño	30	Durante el descanso	45
Escuelas, áreas exteriores de juego	Molestia (fuente externa)	55	Durante el juego	-
Hospitales, pabellones, interiores	Trastorno del sueño durante la noche	30	8	40
	Trastorno del sueño durante el día y al anochecer	30	16	-
Hospitales, salas de tratamiento, interiores	Interferencia en el descanso y la recuperación	#1		
Áreas industriales, comerciales y de tránsito, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	70	24	110
Ceremonias, festivales y eventos de entretenimiento	Deficiencia auditiva (patrones: < 5 veces/año)	100	4	110
Discursos públicos, interiores y exteriores	Deficiencia auditiva	85	1	110
Música y otros sonidos a través de audífonos o parlantes	Deficiencia auditiva (valor de campo libre)	85 #4	1	110
Sonidos de impulso de juguetes, fuegos artificiales y armas	Deficiencia auditiva (adultos)	-	-	140 #2
	Deficiencia auditiva (niños)	-	-	120 #2
Exteriores de parques de diversión y áreas de conservación	Interrupción de la tranquilidad	#3		

Nota: #1 lo más bajo posible, #2 Presión sonora máxima medida a 100 mm del oído, #3 se debe preservar la tranquilidad de los parques y áreas de conservación y se debe mantener baja la relación entre el ruido intruso y el sonido natural de fondo, #4 con audífonos adaptado a valores de campo libre. Tomado de *Guías para el Ruido Urbano*, Berglund, Birgitta; Lindvall, Thomas; H Schwela, Dietrich, *et al.*

2.7.2. Nacional

2.7.2.1. Constitución de la República del Ecuador.

En materia legal nuestro país cuenta con leyes dentro de sus diferentes órganos que hacen referencia al ruido tal es así que la Constitución de la república del Ecuador (2008) en el Art.14 en la sección segunda reconoce que:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*, además se declara de interés con carácter público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (p.13).

En el Art. 66 numeral 27 se garantiza el derecho de las personas a “vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (p.31).

2.7.2.2. Código orgánico de Ambiente._

Dentro de las consideraciones del Código Orgánico de Ambiente (2018) está el controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de las normas, en el Art.194. Se da la potestad de expedir normas a la autoridad ambiental y de salud competente por ruido en conformidad de la ley, estableciendo los máximos permisibles de ruido, según el uso de suelo y la fuente, incluida la difusión al público de la información relacionada con la contaminación acústica y estos serán en conformidad con los planes de ordenamiento territorial. (COA, 2018).

2.7.2.3. Libro VI anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA). _

Acorde al artículo 225 de las normas técnicas; la autoridad ambiental será quien expida las normas técnicas para el control de la contaminación ambiental por ruido se consideran los límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones. En este documento se definen cuáles son las fuentes consideradas como fuentes de ruido, tiene como objeto preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, a través de establecer los niveles máximos permisibles de ruido. Son complementarias las normas de sobre generación de ruido industrial, que serán de competencia en materia de salud y en materia laboral (**Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Mministerio del Ambiente, 2017**). Véase niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo en la figura 8.

Figura 8

Niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

Nota: Tomado de TULSMAN, 2017

2.7.2.4. Dentro del Distrito Metropolitano de Quito

La capital de nuestro país, la ciudad de Quito es una metrópoli que avanza hacia el futuro, pero en este avance se ha visto afectado el medio ambiente de una forma o de otra, uno de los principales contaminantes dentro de esta ciudad es el ruido.

La forma en la que se maneja este contaminante dentro de las ciudades se ha dejado a cargo de cada uno de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales tal así que en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se ha dejado esto en manos de la Secretaria de Ambiente, esta dependencia municipal ha sido la encargada de monitorear y crear mapas de ruido de distintas zonas consideradas como conflictivas dentro del avance de estos mapas de ruido se tiene planificado la creación de un mapa de ruido de la ciudad de Quito, esto se realizara por partes considerando las diferentes Administraciones zonales de la ciudad, dentro de la planeación de estos mapas de ruido se consideró para el año 2021 la creación del mapa de ruido de la administración zonal Eloy Alfaro, véase tabla 1, sobre niveles máximos permitidos.

Tabla 1

Niveles máximos permitidos

Tipo de zona según el uso de suelo	NPS en [dB]	
	De 07:00 a 22:00	De 22:00 a 07:00
Zona I(Suelo de Equipamiento, Protección Ecológica, Patrimonio cultural)	60	50
Zona II(Suelo Residencial y Múltiple)	65	55
Zona III(Suelo de recursos naturales, Agrícola Residencial)	70	60
Zona IV(Suelo Industrial)	75	65

Nota: Tabla de niveles máximos permisibles modificada de la norma técnica para el control de contaminación de ruido en el DMQ., 2014.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño

El presente trabajo fue desarrollado bajo un régimen exploratorio, que consta de tres fases, la primera fase es la selección del área de estudio, la exploración y reconocimiento de la misma, la segunda fase corresponde a la fase de selección de puntos y muestreo en campo, la tercera fase, de análisis y validación en la cual se utilizaron los valores obtenidos en campo contrastándolos con los valores obtenidos por los dos diferentes modelos predictivos, como resultado de esto, se obtuvo tres mapas con diferentes datos, el mapa de ruido real que fue realizado en ArcGis ver Anexo 1 y los dos mapas predictivos de ruido obtenidos de las simulaciones en el programa CadnaA, véase figuras 24 y 27 respectivamente.

3.1.1. Localización geográfica del área de estudio

3.1.1.1. Descripción del territorio

El Distrito metropolitano de Quito (DMQ) es un cantón perteneciente a la provincia de Pichincha localizado en la sierra, posee una altura de 2 800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) con una superficie 4.183 km^2 , se desarrolla de norte a sur y mide más de 80 km de largo y 5 km de ancho. Véase mapa físico del DMQ en la figura 9

Figura 9

Mapa Físico del DMQ



Nota: Tomado de *Google Earth*, 2021

El DMQ cuenta con 5 sectores (zona norte, centro norte, centro histórico, zona sur y valles aledaños) y está dividido en 32 parroquias urbanas y 33 parroquias rurales, agrupadas en 8 administraciones zonales. Véase figura 10, la distribución de las administraciones zonales del DMQ

Figura 10

Distribución de las administraciones zonales del DMQ

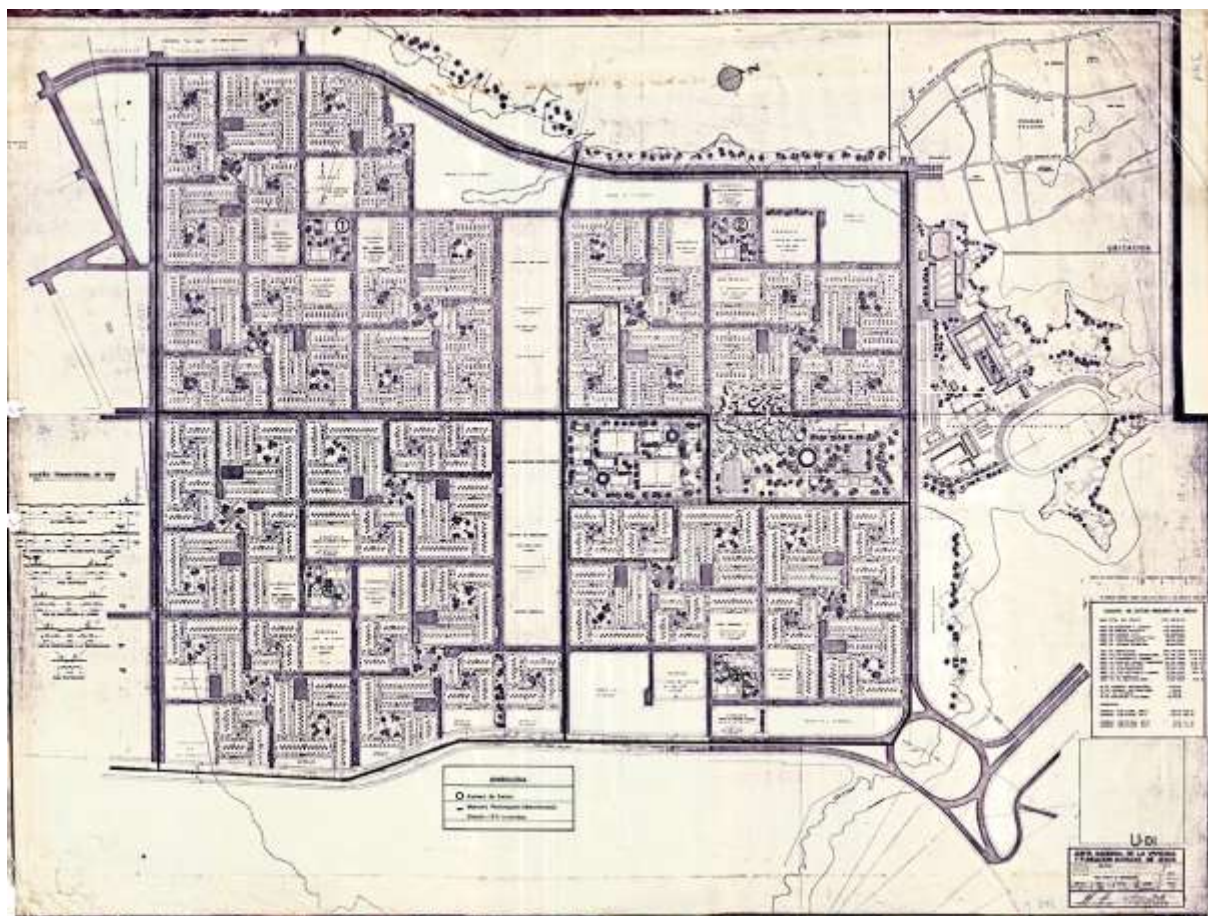


Nota: Tomado de *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*, 2021

El sector tomado para este estudio está considerando dentro de la Administración Zonal Eloy Alfaro en la parroquia urbana de Solanda, esta fue construida en una área de 150 hectáreas, antes conocidas como Hacienda Solanda, las cuales fueron donadas en 1976 por María Augusta Urrutia a la Fundación Mariana de Jesús, la cual en el año de 1973 en el gobierno de Guillermo Rodríguez Lara con un organismo de cooperación internacional del gobierno de Estados Unidos, diseñaron y ejecutaron un proyecto habitacional, bajo concepto de vivienda progresiva conocido como “Barrio Modelo”. Véase figura 11 mapa de barrio modelo.

Figura 11

Mapa de plan habitacional de barrio modelo

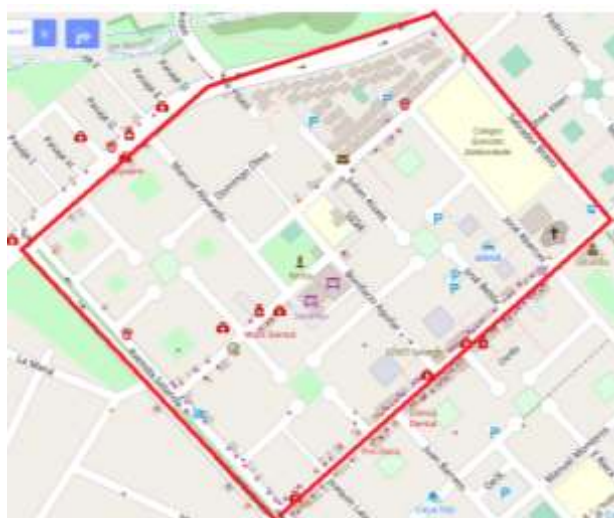


Nota: Tomado de *lefthandrotation*, 2016

Dentro de esta parroquia, el área de estudio fue considerado por el sector comprendido por las calles Avenida Solanda, José María Alemán, Salvador Bravo y Cardenal de la Torre, este zona posee un perímetro de 2 km y un área de 0,26 km². Véase figura 12, área de estudio

Figura 12

Captura de zona de estudio delimitada en rojo



Nota: Tomado de *open Street maps*. 2021

3.2. Población y muestra

Al ser un trabajo concebido desde la visión de la Secretaria del Ambiente se tomó en cuenta esta zona, considerando que pertenece de los barrios más densamente poblados del sur de Quito (Kueva, 2018) y es un lugar estratégico por la gran diversidad de actividades económicas que se llevan a cabo dentro del mismo, siendo uno de los factores de esta densidad la peculiar arquitectura que presenta el barrio Solanda al cual pertenece el sector de estudio, el plan de vivienda conocido como “barrios modelo” se asienta sobre 150 hectáreas planteando a estos barrios modelo como obras progresivas lo que ha dado cabida a edificaciones multifamiliares las albergan a diferentes familias dentro del mismo predio. (Kueva, 2018)

En el Censo de 2010 la parroquia de Solanda cuenta con 78279 habitantes distribuidos en sus 21 barrios. (INEC, 2013)

Con respecto al crecimiento poblacional que presenta la zona podemos citar a Dupier “Solanda ha registrado las más fuertes tasas de incremento, este incremento se conoce como incremento nutrido, ya que su procedencia es más bien extra-urbano, debido a migración” (Dupier, Vallejo, & Yáñez, 1995).

3.3. Variables

Dentro del estudio se definió diferentes variables que fueron evaluadas bajo los diferentes modelos predictivos del software de predicción de ruido.

3.3.1. Ruido

3.3.1.1. Fuentes Fijas

La zona de estudio es un sector con gran cantidad de negocios de toda índole, convirtiéndolo en un punto comercial muy fuerte dentro de la capital, las actividades comerciales que se desarrollan en la zona son muy variadas y se encuentran apiñadas tal es así que se cuenta con diferentes actividades económicas, la problemática se da cuando estas actividades comerciales se localizan demasiado juntas influyendo en los niveles de ruido de la zona. Si se considera que la gran mayoría de estos locales, haciendo caso omiso a la ordenanza 001, colocan parlantes afuera del mismo, generando más ruido, este impacto fue medido en decibeles.

3.3.1.2. Fuentes Móviles

Bajo las consideraciones de la normativa técnica de la ciudad de Quito se considera que los diferentes tipos de vehículos emiten diferentes niveles de ruido, y a la par se determina cual es el nivel de presión sonora máximo permitido para cada tipo de vehículo

dentro del DMQ, estos niveles son determinados por el nivel de presión sonora para cada vehículo, esta variable considera los parámetros de ruido vehicular (tráfico rodado) ya establecidos por la normativa, por lo cual los valores a recolectar son el número de vehículos en un periodo de tiempo estimado de una hora (conteo vehicular) en las calles principales de la zona de estudio.

3.3.2. Estructura arquitectónica del área de estudio

La zona de Solanda, donde se ubicó el área de estudio fue parte de un proyecto de vivienda popular concebido con la finalidad de proporcionar a familias viviendas que en un futuro puedan ser ampliadas, para de alguna forma poder controlar la invasión de tierras y diversos conflictos sociales que se daban en la época. A día de hoy esto ha dado cabida a que en la zona se encuentre edificaciones de 4 pisos multifamiliares y que en el caso de las calles que fueron tomadas como referencia en este estudio presenten en sus dos primeros pisos negocios o locales comerciales de diferente índole.

Un análisis del tipo estructural de las edificaciones que componen el sector supone un estudio más extenso, sin embargo, de datos que se ha podido recabar dada la desafortunada realidad de estas edificaciones al momento de la construcción del metro de Quito, conocemos que en su mayoría están constituidas de hormigón y bloque, esto fue relevante en las simulaciones con el software CadnaA, ya que este programa considera los materiales que constituyen las estructuras al momento de generar las simulaciones bajo los diferentes modelos predictivos que maneja, suponiendo para cada uno de estos materiales diferentes tipos de absorción del ruido.

3.3.3. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas son importantes ya que la propagación del sonido depende de diferentes factores como la velocidad del aire la temperatura entre otras. (Castro, 2015) . La zona escogida para el estudio se define como un área con una temperatura promedio de 14 grados centígrados y vientos inferiores a los 0.8334 m/s y con precipitaciones pluviales promedio de 1200 a 1400 mm, estas son características dadas las condiciones topográficas de la zona.

La ausencia de precipitaciones en la zona genera el ambiente propicio para la toma de muestras, según lo indicado en la normativa NT003.

3.4. Recolección de datos

3.4.1. Fase preliminar

La metodología que se utilizó se define en este apartado como las condiciones y criterios a tomar en cuenta durante la elaboración de esta investigación.

3.4.1.1. Selección de la zona de estudio.

La zona de estudio y su extensión fueron determinadas bajo la planeación de la Secretaria de Ambiente, ya que dentro de esta planificación se contempla generar un mapa de ruido de toda la ciudad de Quito, esto se realizara progresivamente trabajando desde las diferentes administraciones zonales de la capital.

Es importante considerar que “el mapeo de ruido es una herramienta que permite el impacto del ruido ambiental en las ciudades, mediante la estimación del nivel de contaminación en áreas específicas” (Murillo-Gómez, 2015) .

Siendo así que el área determinada para el estudio está localizada dentro de la administración zonal Eloy Alfaro en el sur de la capital, y está comprendido por la calle Salvador Bravo al norte, la Av. Solanda al sur, la calle José María Alemán al este y la av. Cardenal de la torre al oeste.

3.4.1.2. Formalización de puntos de muestreo. Para la ubicación de los puntos de muestreo previamente se realizando una exploración del área de estudio para identificar cuáles son los puntos con mayor afluencia de gente, con mayor cantidad de vehículos circulando, como lo determina la norma ISO1996-2 para la toma de puntos de monitoreo de ruido. Al ser identificadas estas áreas críticas dentro de la zona de estudio se establecieron 20 puntos, agrupados en 5 zonas de análisis, definidas por las diferentes calles a las que se debió el estudio, posteriormente se procedió a identificar la ubicación geográfica en coordenadas UTM de cada punto mediante el uso de un GPS en campo y posteriormente estos puntos fueron ubicados en ArcGis para su posterior procesamiento.

3.4.1.3. Determinación de horarios de muestreo. Dada la observación y la exploración previa de la zona de estudio, se estableció horarios de muestreo en base a la normativa ISO 1996-1, determinando de esta manera momentos en las cuales el ruido estuviese más presente en el sector. Los muestreos fueron realizados en los horarios establecidos en el lapso de una semana, véase tabla 2. Horarios de muestreos.

Tabla2

Horarios de muestreo

Horas del día	Horarios
Mañana	8:00-10:00
Tarde	15:00-17:00
Tarde/Noche	20:00-21:00

Nota: Horarios del día en los que fueron tomados los datos

Para la selección de los horarios de muestreo fue importante diferenciar itinerarios en los cuales por motivos de seguridad, la integridad personal y la integridad de los equipos no se viera comprometida.

3.4.2. Equipos

Los equipos utilizados para esta investigación fueron proporcionados por la universidad politécnica Salesiana, quienes accedieron tras ser enviada una solicitud de requerimiento de equipos.

Los equipos solicitados fueron:

3.4.2.1. Sonómetro

Las mediciones fueron tomadas bajo la metodología de muestreo rápido descrita en la norma ISO1996-2, obteniéndose 3 mediciones por cada punto. Las mediciones de ruido fueron realizadas con un sonómetro EXTECH, modelo HD600, este sonómetro indica los niveles de presión en decibeles y mide desde 30 hasta 130 dB en tres diferentes escalas de medición y en dos diferentes respuestas (rápida/lenta). Véase Sonómetro usado para las mediciones en campo en la figura 13.

Figura 13

Sonómetro usado para las mediciones en campo



Nota: sonómetro EXTECH izquierda solo, sonómetro EXTECH derecha equipamiento completo.

3.4.2.2. GPS

Para el caso de esta investigación se usó un GPS GMKD, con 0,01 mu de error y con una diferencia de 0.6 de precisión de satélite. Véase GPS usado para las mediciones en la figura 14.

Figura 14

Fotografía de GPS usado para las mediciones



Nota: GPS GMKD usado para la toma de puntos en campo.

3.4.3. Software

3.4.3.1. ArcGis

En este proyecto se usó el Software de ArcGIs, como una gran herramienta para poder dibujar y representar el mapa de una manera óptima, y con el formato apropiado para un mapa de ruido

3.4.3.2. Google Earth

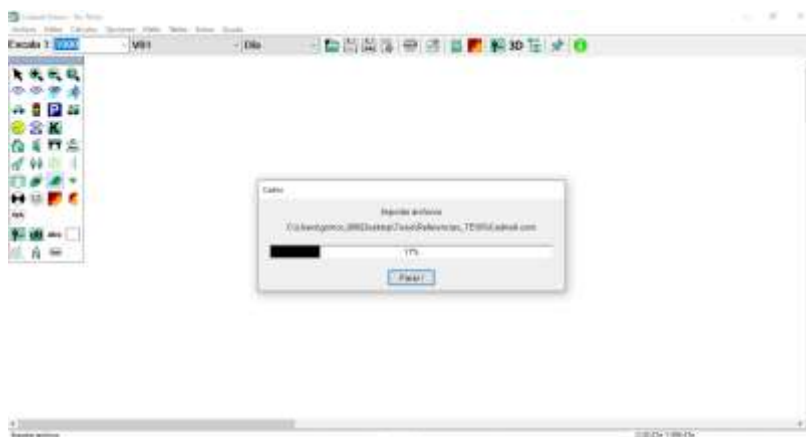
La herramienta de Google Earth fue utilizada para trazar las rutas de muestreo y obtener los formatos klm que determinaron el área y el perímetro de la zona de estudio con las cuales se pudo colocar apropiadamente los 20 puntos de muestreo realizados alrededor de toda el área.

3.4.3.3. Open Street Maps

Esta es una herramienta que nos permite descargar y exportar los datos (vías, estructura de vías, semáforos, señalética, cartografía del área de estudio, edificaciones) de una ciudad hacia el programa de modelamiento CadnaA para su uso en el procesamiento de los datos. Véase figura15 data exportada y figura 16 data cargada en el software CadnaA

Figura 15

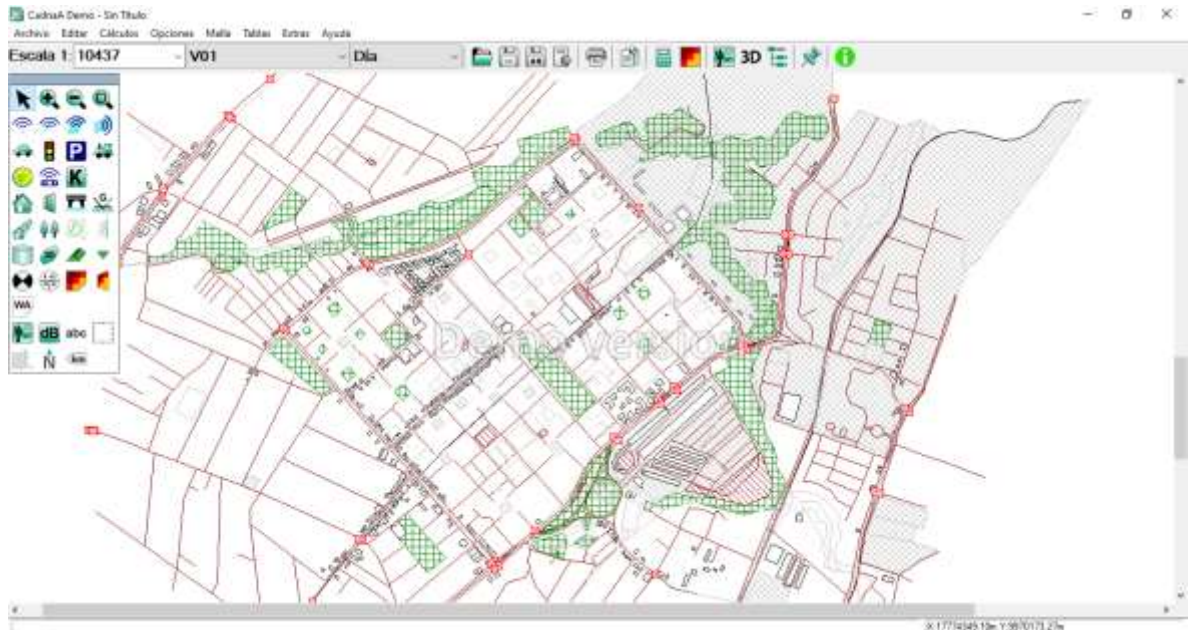
Data exportada de Open Street Maps e importada a CadnaA



Nota: Proceso de importación de datos hacia el programa CadnaA

Figura 16

Data cargada en CadnaA



Nota: Una vez los datos son importados desde el programa Open Street Maps se procede a trabajar en las simulaciones.

3.4.3.4. CadnaA

El programa CadnaA es un software que nos permite identificar dentro de una zona de estudio las diferentes fuentes generadoras de ruido, como son los puntos de muestreo de ruido dentro del área de estudio, las fuentes móviles de ruido como los vehículos que circundan el área y el material de las construcciones de la zona, ya que se considera la reflectancia de los materiales de los que esté constituida la zona de estudio.

El software de simulación de ruido CadnaA trabaja bajo diferentes modelos predictivos. Para la presente investigación este software fue usado para validar el mapa de ruido generado en ArcGis, bajo los modelos, RLS_90, STL-86, la selección de estos modelos se sustenta bajo la metodología de corta duración.

3.4.4. *Recolección de datos*

Bajo los parámetros establecidos para la toma de muestras de la norma técnica para control de la contaminación por ruido, se tomó las muestras con el sonómetro en mano, a filo de vereda a una distancia de al menos 3 metros como lo indica la norma (Arias, 2016).

3.5. Condiciones de campo

3.5.1. *Mediciones*

Al ser mediciones de corta duración, se procedió a el cálculo del Nivel de Presión Sonora (NPS) para esto en cada punto se tomó 3 datos en las diferentes horas del día en los diferentes días de la semana ver Anexo 3.

3.5.2. *Conteo vehicular*

El conteo vehicular se realizó tomado en cuenta que las calles que rodean el área de estudio son vías con una afluencia vehicular importante, por lo cual se procedió a categorizarlas como zonas, siendo la zona1 (Calle salvador bravo), zona 2 (La avenida cardenal de la torre), zona 3 (Av. Solanda), zona 4 (Calle José María Alemán), zona 5. (Mercado), los conteos se realizaron por hora, considerando así a todos los vehículos que transitaban por las calles principales de la zona de estudio, la cantidad de autos se tomó en pos de realizar las simulaciones en el programa CadnaA.

Los conteos vehiculares se realizaron en las diferentes horas del día, durante una semana, obteniendo así la tabla de valores medios de tráfico vehicular en cada una de las zonas de estudio, véase tabla 3, flujo vehicular.

Tabla 3*Flujo Vehicular*

Datos de flujo vehicular					
	Av. Solanda	José María Aleman	Salvador Bravo	Cardenal de la Torre	Mercado
Automóviles	658	555	572	656	50
Buses	8	0	2	8	2
Motocicletas	86	34	75	75	15
Camiones	18	21	1	5	3
Busetas	50	11	8	11	0

Nota: Tabla de conteo vehicular por hora.

Estos datos fueron ingresados al programa CadnaA para la simulación de ruido vehicular o tráfico rodado, dentro de las normativas del país, específicamente la norma NT003 podemos encontrar la tabla de ruido promediado en determinado para cada tipo de vehículo, véase figura 4.

3.6. Mapeo

Una vez determinada el área de estudio se dispuso a crear las diferentes capas que sirvieron de apoyo para la creación del mapa de ruido, como primer se delimito la zona de estudio, para ello se aplicó google Earth, ya que este permitió exportar los datos en un formato KLM que es compatible con el sistema de geo procesamiento (ArcGis).

Posteriormente con la ayuda de ArcGis se convirtieron todas las imágenes obtenidas de Google Earth a un formato de archivo que es fácilmente editable, este archivo fue un shape file.

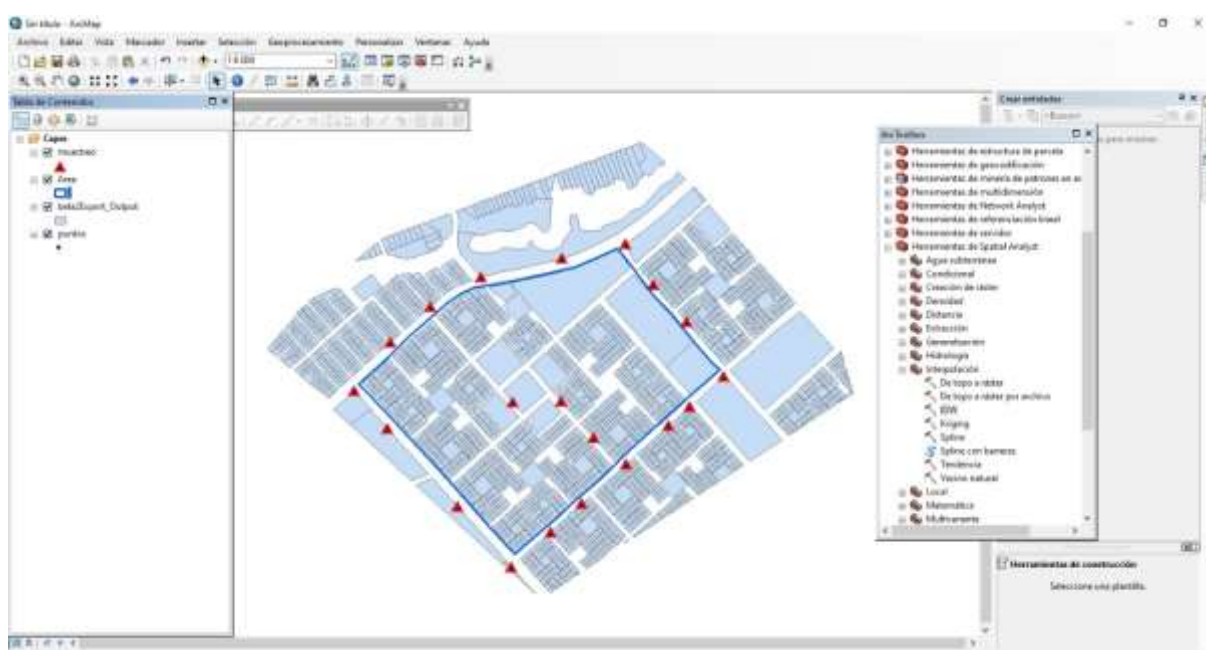
Igualmente se estableció los puntos de muestreo y se les dio las características, en este caso se les asigno los decibeles que se tomaron luego de la ponderación de los datos totales de la zona de estudio y fueron convertidos a shape file.

Una vez obtenidos los puntos de muestreo y el shapefile de la zona de estudio, se procedió a cortar la zona de estudio de un mapa del DMQ, obtenido de los datos abiertos del municipio.

Una vez obtenida la zona de estudio y obtenidos los datos, se procedió a generar el mapa de ruido en ArcGis y a realizar la triangulación de los puntos y sus coordenadas, así como sus valores de ruido, véase figura 17.

Figura 17

Vista de ArcGis de zona de estudio con puntos de muestreo localizados



Nota: En la imagen se puede notar el área de estudio en azul y los 20 puntos de muestres localizados en el área, con una figura triangular y de color rojo.

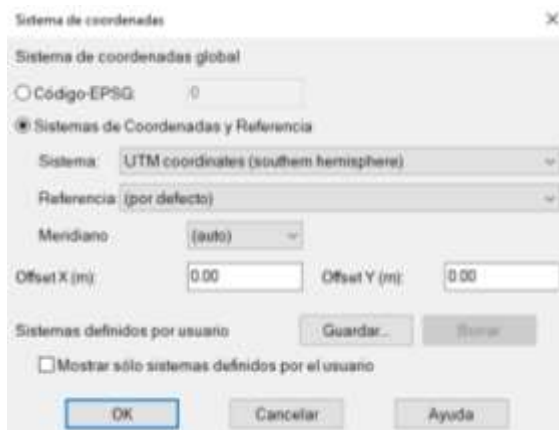
3.7. Validación

La validación fue realizada en el software de predicción de ruido CadnaA, utilizando las herramientas que este software posee, permitió aplicar 2 de los diferentes modelos de predicción de ruido, haciendo uso del conteo vehicular a través de diferentes fases, la etapa de validación se realizó con el flujo vehicular obtenido en las 6 diferentes zonas de evaluación.

El ingreso del mapa base para las simulaciones fue realizado importando el mapa desde la herramienta Open Street Maps hacia el programa CadnaA bajo el sistema de coordenadas UTM, hemisferio sur, véase figura 17 mapa importado hacia CadnaA.

Figura 18

Mapa de Open Street Maps hacia el programa CadnaA



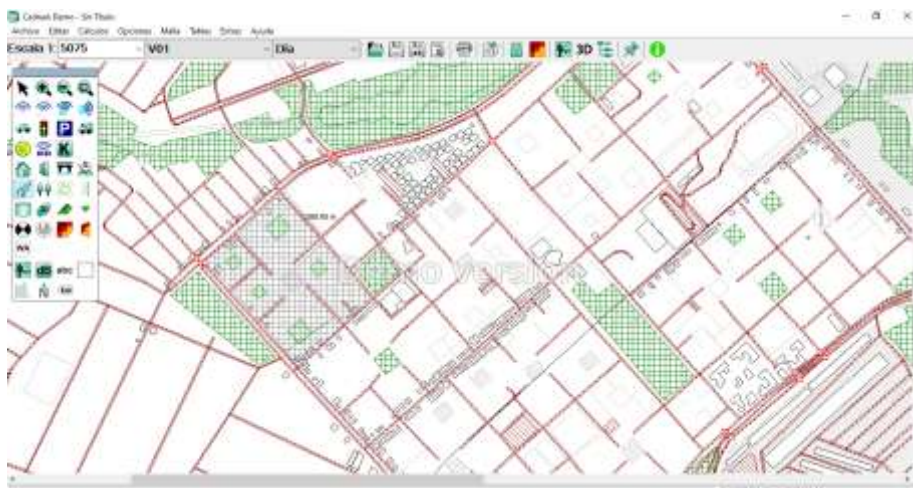
Nota: proceso de ingreso de mapa base en coordenadas UTM hemisferio sur.

3.7.1. Mallado de las superficies

Para el mallado se consideró la particular estructura del barrio de Solanda y se identificó los puntos diferenciales a esta estructura como iglesias, mercados, escuelas y áreas verdes véase figura 18.

Figura 19

Mallado de superficies e identificación de áreas verdes

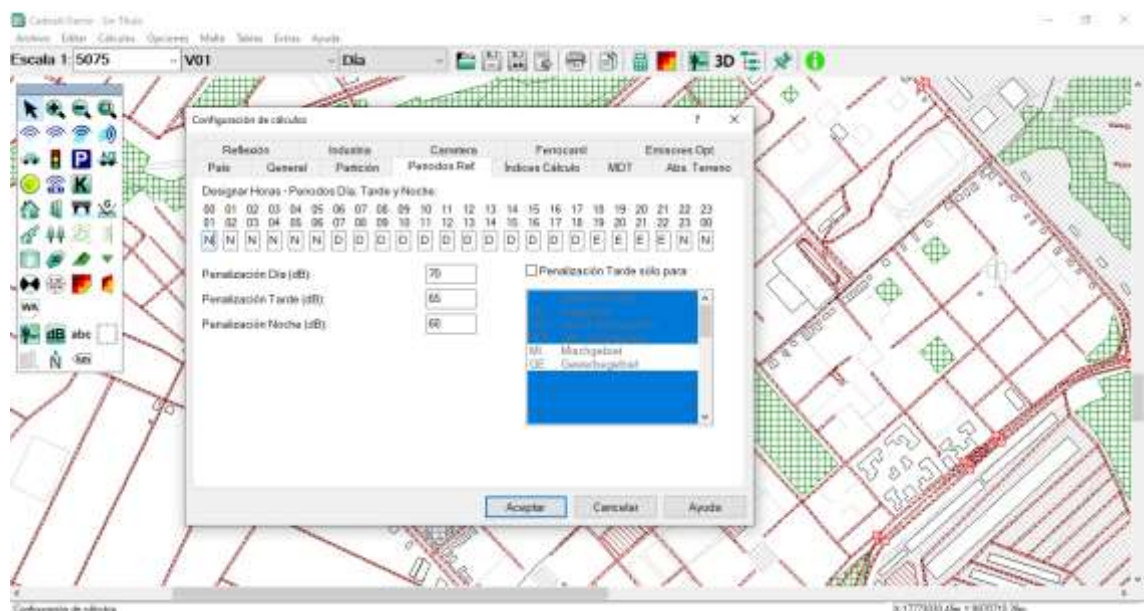


Nota: las áreas con mallado gris representan las edificaciones, las áreas con mallado verde representan las áreas verdes dentro de la zona de estudio.

Dentro de los parámetros de este software tenemos las horas de día y horas de noche con la tolerancia de ruido definida por el usuario, adicionalmente se indicó cuáles son los rangos en decibeles para cada horario, para esta investigación, solo se tomó en cuenta datos dentro del horario diurno por seguridad del equipo y para salvaguardar la integridad de la investigadora, figura 19, consideración de horarios de día y noche para la simulaciones.

Figura 20

Consideraciones de horarios de día y noche

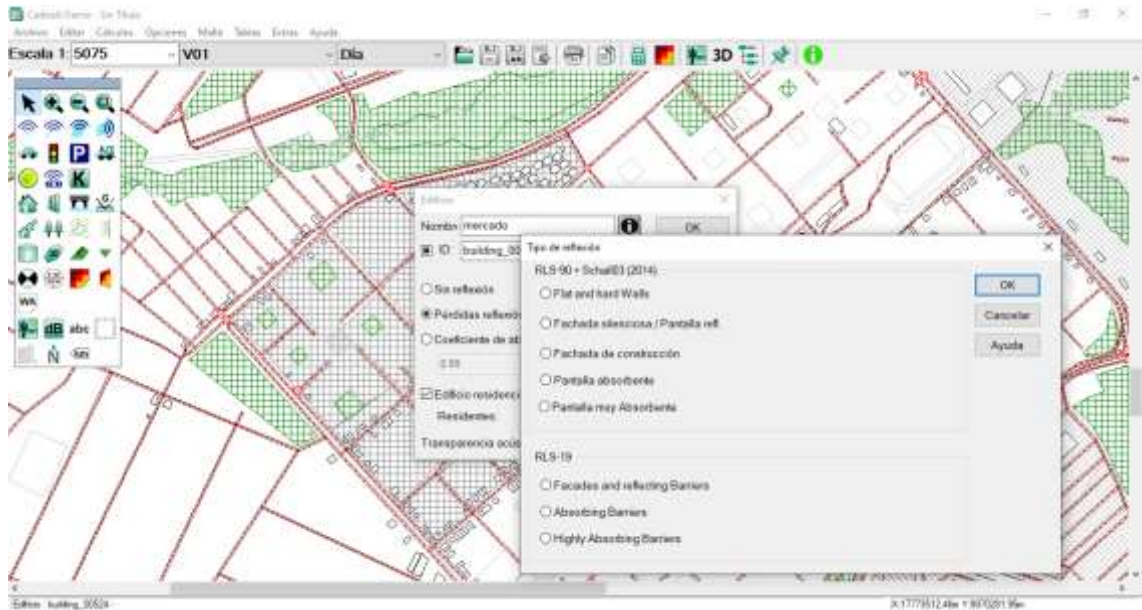


Nota: Consideraciones de horario (diurno y nocturno) y tolerancia en horarios por db

El programa CadnaA requiere la entrada de los datos de la infraestructura de la zona, se modificaron todas las características de los edificios, se les dio nombre y se consideró un 20% de pérdidas por reflexión. En el caso de los edificios que se encuentran juntos procederemos a considerarlo como un conglomerado, se hizo uso de la sección ya impuesta por el programa para este fin. Véase figura 20 entrada de datos de diferentes estructuras bajo modelos de simulación del programa CadnaA.

Figura 21

Entrada de datos de diferentes estructuras bajo modelos de simulación del programa CadnaA

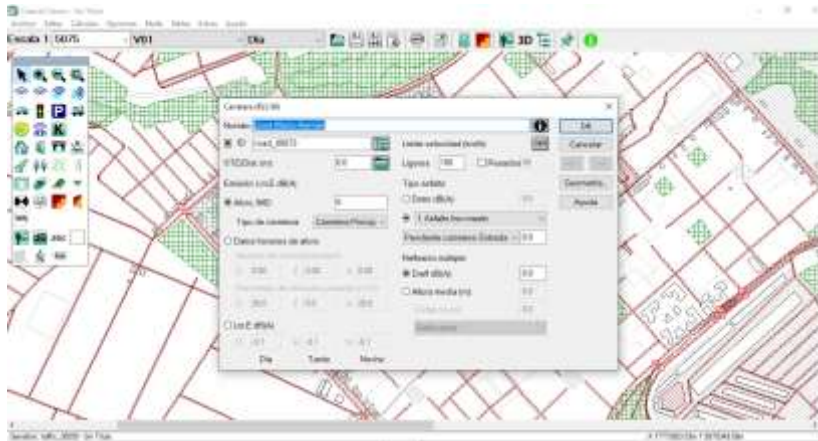


Nota: Procedo de ingreso de datos estructurales.

Para la realización de las simulaciones se tomó todos los valores (tráfico rodado) considerando las horas del día establecidas en la norma del DMQ, al trabajar en el software Demo los mapas se encuentran restringidos para su descarga, sin embargo los datos de la simulación fueron obtenidos para su posterior contrastar con los datos reales. Véase figura 21 ejemplo de entrada de datos de flujo vehicular para simulación de tráfico rodado con el modelo RLS-90.

Figura 22

Ejemplo de entrada de datos de flujo vehicular bajo el modelo RLS-90



Nota: Captura del proceso de ingreso de datos (flujo vehicular).

Los datos de flujo vehicular usados para la simulación fueron ingresados en el apartado de carretera, esto cambiara según cada modelo, ya que cada modelo toma consideraciones diferentes al momento de velocidad y ruido emitido por los diferentes motores, esta especificidad será la clave que diferencia a los dos modelos usados para la investigación y será mediante la cual se obtendrá el mejor modelo de predicción de ruido.

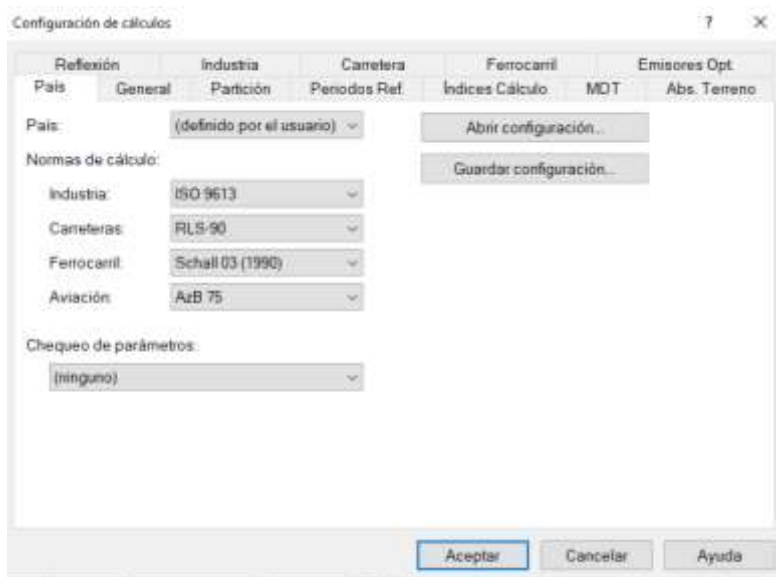
3.7.2. Modelado

3.7.2.1. RSL-90

Para la utilización del modelo RLS-90, es necesario dirigirse a la pestaña de cálculos dentro de CadnaA, ya que las simulaciones se realizarán bajo el control del usuario, fue necesario cambiar los parámetros dentro del simulador, escogiendo el modelo a simular en la parte de carreteras. Véase figura 22. Configuración de parámetros del modelo.

Figura 23

Configuración de parámetros del modelo RLS-90

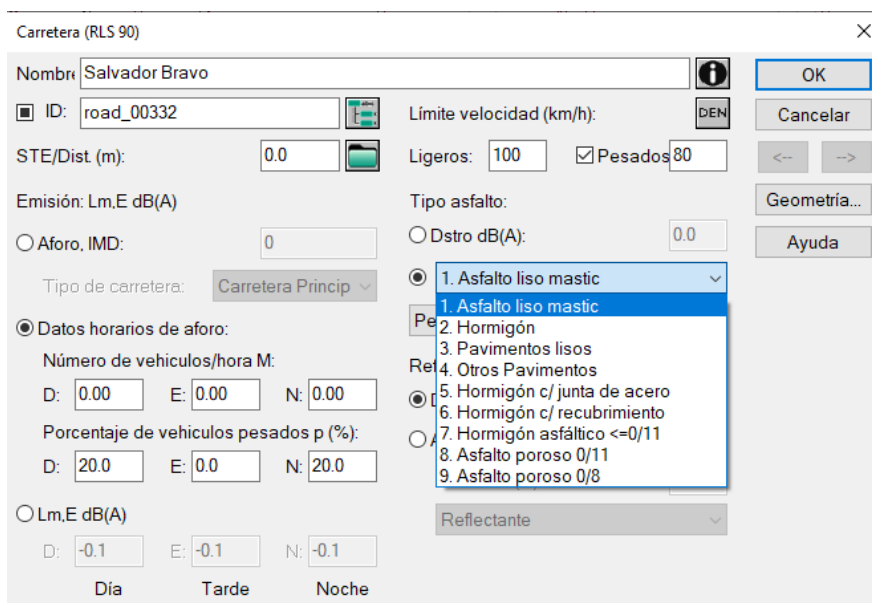


Nota: Captura proceso de ingreso de datos

Cada uno de los modelos ofrece diferentes características al momento del ingreso de los datos de circulación vehicular, al igual que permite modificar ciertas características referentes al tipo de asfalto y a la cantidad de vehículos que transitaran por la zona. Véase figura 23 parámetros propios del modelo RLS-90 para carreteras.

Figura 24

Parámetros del modelo RLS-90 para carreteras

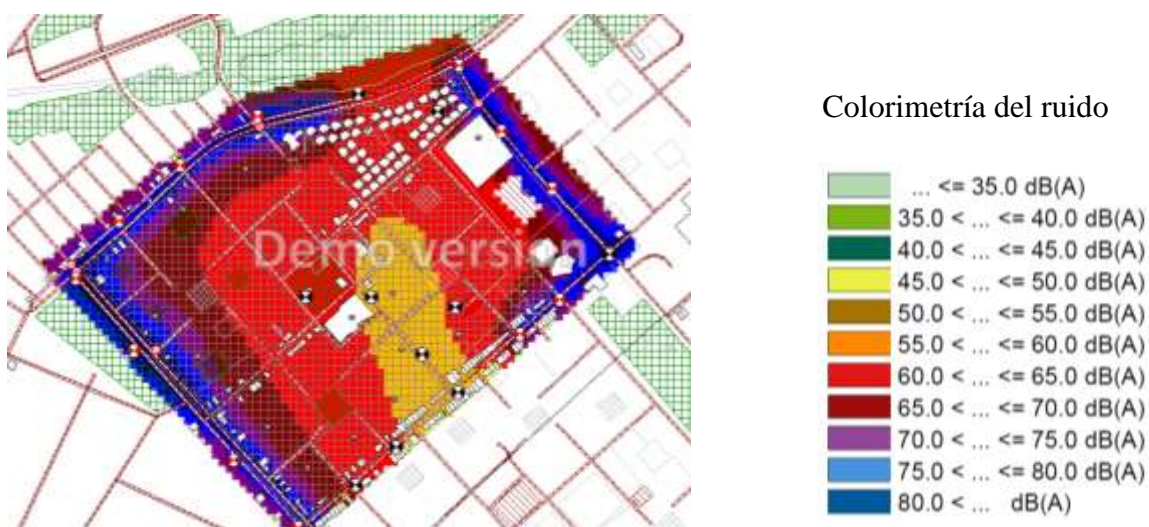


Nota: captura de ingreso de vehículos calle Salvador Bravo

Posteriormente se colocaron los receptores de ruido, distribuidos en los 20 puntos con el fin de obtener los datos a comparar con los valores reales, al hacer correr la simulación se obtuvo el mapa predictivo de ruido bajo el modelo RLS-90. Véase figura 24 mapa predictivo de ruido bajo el modelo RLS-90.

Figura 25

Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación RSL-90



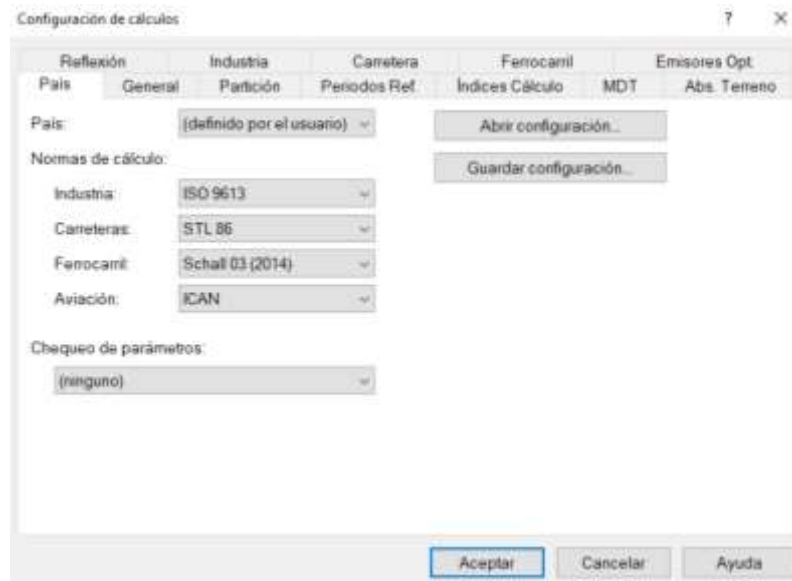
Nota: círculos en blanco y negro son receptores de ruido, los que se encuentran en rojo se relacionan con las áreas que representan mayor ruido dentro del mapa a diferencia de los que se encuentran en blanco y negro que son puntos con menor presencia de ruido, al igual en el mapa los colores van del amarillo al violeta siendo el amarillo el menor nivel de ruido y el violeta el mayor nivel de ruido.

3.7.2.2. STL-86

Este modelo de predicción de ruido nos ofrece características diferentes a las del modelo RLS-90, como los parámetros de aviación y ferrocarriles. Véase figura 25

Figura 26

Configuración de modelo STL-86



Nota: Parámetros de modelo STL-86 definido por el usuario

Al momento de ingresar los datos de tráfico vehicular nos ofrece mayor precisión, ya que este modelo considera la cantidad de automotores en los diferentes horarios de aforo, además, considera la emisión de ruido de estos vehículos considerando el porcentaje de vehículos pesados, además de asumir una velocidad media de 100km/h y en este modelo se incluye el factor de corrección $k_1=0$ el cual toma en cuenta vehículos que pasan simultáneamente por la vía. Véase figura 26 parámetros del modelo STL-86

Figura 27

Configuración de parámetros del modelo STL-86

Carretera (STL 86)

Nombre:

ID:

Velocidad Max. (km/h):

STE/Dist. (m):

Ligeros:

Emisión: Lm,E dB(A)

☐ Aforo, IMD:

☒ Datos horarios de aforo:

Número de vehículos/hora N:

D: E: N:

Porcentaje de vehículos pesados eta (%):

D: E: N:

☐ Emisión: Lr,e dB(A)

D: E: N:

Corrección MK (dB):

D: E: N:

Tipo de carretera:

Tipo asfalto:

☒ 1. Asfalto liso mastic

☐ 2. Hormigón

☐ 3. Pavimentos lisos

☐ 4. Otros Pavimentos

☐ 5. Hormigón c/ junta de acero

☐ 6. Hormigón c/ recubrimiento

☐ 7. Hormigón asfáltico <=0/11

☐ 8. Asfalto poroso 0/11

☐ 9. Asfalto poroso 0/8

Reflectante:

☒ Corrección K1=0

Día Tarde Noche

OK Cancelar

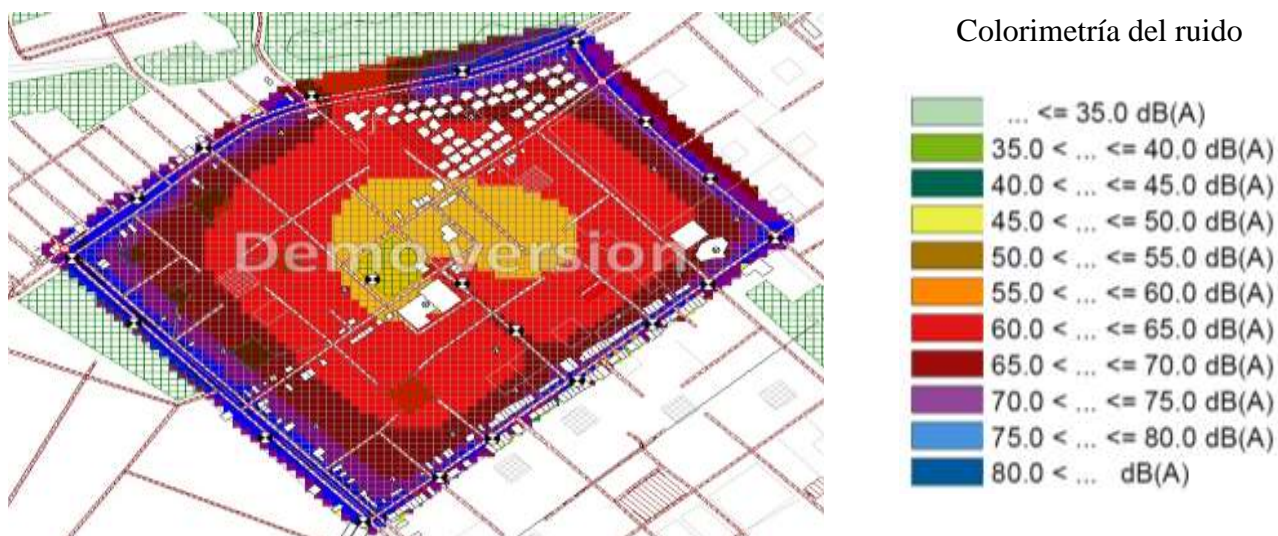
Geometría... Ayuda

Nota: Parámetros de ingreso de Flujo vehicular para el modelo STL-86

Posterior al ingreso de los datos de vehículos en cada vía, se colocó los 20 receptores y se corrió la simulación, se obtuvo el mapa predictivo de ruido bajo el modelo STL-86. Véase figura 27 mapa predictivo de ruido bajo el modelo STL-86.

Figura 28

Captura de mapa de ruido producido por el programa CadnaA bajo la simulación STL-86



Nota: círculos en blanco y negro son receptores de ruido, los que se encuentran en rojo se relacionan con las áreas que representan mayor ruido dentro del mapa a diferencia de los que se encuentran en blanco y negro que son puntos con menor presencia de ruido, al igual en el mapa los colores van del amarillo al violeta siendo el amarillo el menor nivel de ruido y el violeta el mayor nivel de ruido

3.8. Protocolos

Esta investigación se realiza cumpliendo los protocolos establecidos para la toma de muestras descrita en la norma internacional ISO1996-2 siendo así que:

Las mediciones se realizaron en exteriores, es decir, las mediciones se realizaron al aire libre y a pie de vereda.

Las mediciones se realizaron considerando una distancia mayor a 1,2 metros de la superficie reflectante (para este caso se tomó en cuenta una distancia de 3 metros como lo considera la Norma vigente en el DMQ).

El operador, se colocó a una distancia considerable del sonómetro para la medición, en este caso al carecer de un trípode, la medida fue tomada considerando la extensión de 0,5 m como lo indica la norma.

Las condiciones climatológicas para efecto de las mediciones deben ser consideradas como favorables según el apartado en la norma ISO1996-2, estas condiciones se definen como la ausencia de lluvias, y de vientos mayores a 5m/s.

Los puntos de muestreo deben estar alejados de puntos de ruido ajenos a flujo vehicular, como, por ejemplo, parlantes, semáforos, con la finalidad de que no haya interferencias en las mediciones.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

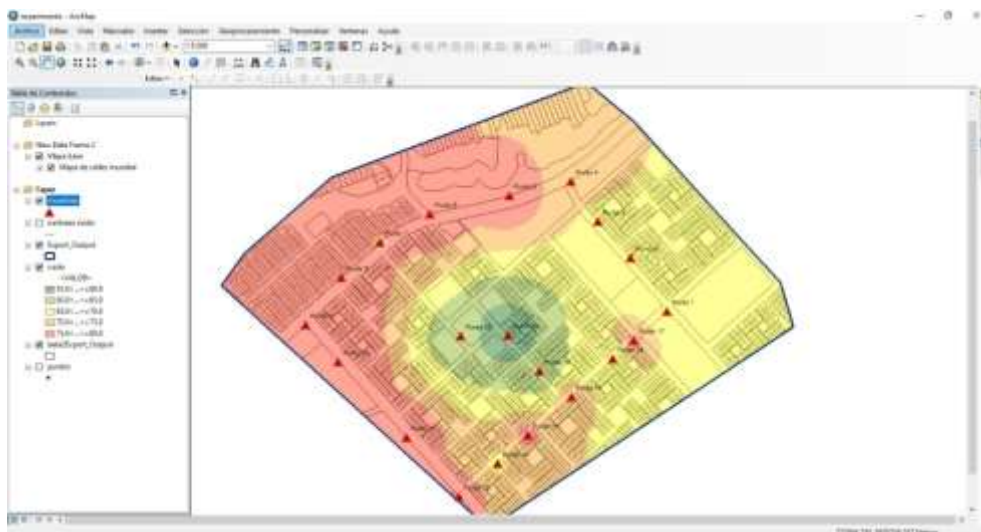
Dentro de la presente investigación fueron analizadas diferentes variables por separado tales como las fuentes fijas, las fuentes móviles, la estructura de las edificaciones que constituyen el área de estudio, lo cual es relevante para el análisis en el programa de simulación CadnaA y las condiciones climáticas necesarias para la medición, sin embargo para el análisis de datos se considerara los valores obtenidos en campo en relación con los valores obtenidos de los diferentes modelos predictivos, para así poder obtener las gráficas de dispersión y el cálculo de error que determine que este modelo es un modelo óptimo para la realización de mapas de ruido.

4.1. Mapeo

El software ArcGis fue utilizado para realizar el mapa de ruido de la zona de estudio obteniendo así una herramienta visible de la cantidad de ruido percibida en el sector mediante la triangulación de la información recogida en los diferentes puntos de muestreo. Véase vista de mapa de ruido en ArcGis figura 28.

Figura 29

Vista de mapa de ruido en ArcGis



Nota: Captura de mapa realizado en ArcGIS.

Los puntos de muestreo fueron evaluados bajo el cálculo de la presión sonora (NPS) por punto, y también bajo la consideración del nivel de presión sonora en cada zona, siendo así que el NPS afectara de uno o de otro modo a la población perteneciente al área de estudio. Se realizó un primer mapa en la herramienta de ArcGis con la finalidad de obtener una imagen del ruido producido en la zona, considerando 20 puntos de ruido estratégicamente seleccionados. Este mapa y los valores usados para el mismo serán validados por el programa CadnaA, comparándolos con los datos obtenidos de las simulaciones. Ver anexo 4.

4.1.1. Puntos

Se realizó el cálculo de los diferentes niveles de presión sonora para los 20 diferentes puntos dentro de la zona de estudio.

Tabla 4

Análisis de nivel de presión sonora en los diferentes puntos de estudio



Nota: Eje x (Puntos) y Eje y (NPS [dB])

El análisis del nivel de presión sonora por punto arroja que los niveles de presión sonora a nivel general superior al considerado por la norma para la zona de estudio, tomando que la zona de estudio está considerada como un zona II residencial y múltiple, al ser una zona residencial con actividades económicas no industriales, para la cual el nivel de presión sonora debería ser de máximo de 65 dB y como se puede observar en el grafico siendo los puntos 18 y 19 los que presentan menor NPS, sobrepasando la norma, esto se puede atribuir a la cantidad de negocios, ya que esta zona no presenta tráfico rodado significativo en relación a la cantidad de vehículos pesados que circulan por la zona

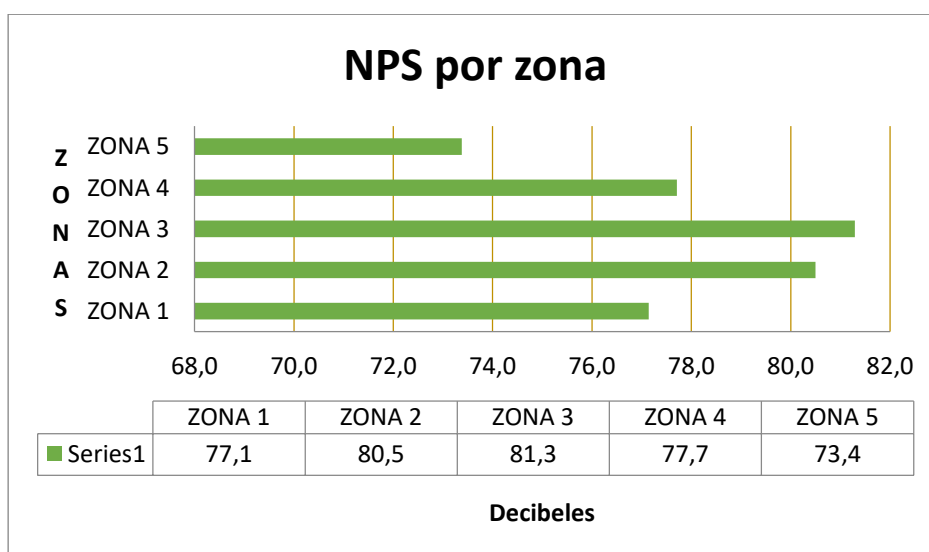
4.1.2. Zonas

Se realizó también un análisis de las diferentes zonas dentro del sector de estudio, siendo definidas estas por la agrupación de puntos como se muestra a continuación:

- Zona1 (Calle Salvador Bravo): punto 1, punto 2, punto 3 y punto 4
- Zona 2(Av. Cardenal de la Torre): punto 5, punto 6, punto 7, punto 8
- Zona3 (Av. Solanda): punto 9, punto 10, punto 11, punto 12
- Zona 4(Av. José María Alemán): punto 13, punto 14, punto 15, punto 16, punto 17
- Zona 5(Mercado): punto 18, punto 19, punto 20

Tabla5

Análisis de nivel de presión sonora en las diferentes zonas de estudio



Dentro de esta evaluación se consideró el conjunto de puntos como una zonas de afectación de ruido, tomando en cuenta la legislación donde los niveles de presión sonora no deben exceder un máximo de 65 decibeles nos damos cuenta que la zona 3 presenta mayor afectación de ruido, esta zona corresponde a la avenida Solanda, es decir esta zona presenta un nivel de presión sonora más elevada con 81,3 dB.

4.2. Validación

El software CadnaA fue el programa utilizado para la simulación bajo dos modelos predictivos de ruido, los modelos usados fueron el modelo RLS-90 y el modelo STL-86. Ver figura 29 de configuración de cálculos para los diferentes modelos de predicción de ruido.

Figura 30

Configuración de cálculos para los diferentes modelos de predicción de ruido

Configuración de cálculos

Reflexión	Industria	Carretera	Ferrocarril	Emisores Opt
País	General	Partición	Periodos Ref.	Índices Cálculo
País:	(definido por el usuario)			
Normas de cálculo:				
Industria:	ISO 9613			
Carreteras:	STL 86			
Ferrocarril:	RLS-90			
Aviación:	RLS-19			
	RVS 4.02			
	STL 86			
	DIN 18005 (1987)			
Chequeo de parámetros:	Método Nórdico de Pred.			
	NMPB-Routes-96			
	NMPB-Routes-08			
	CNOSSOS-EU			
	CRTN			
	TNM			
	Método Checo			
	SonRoad			
	SonROAD18			
	HJ2.4-2009			

Abrir configuración...

Guardar configuración...

Aceptar Cancelar Ayuda

Nota: Diferentes modelos de simulación presentes en el programa Cadna A

4.2.1. Anova

El análisis de varianza Anova fue aplicado para comparar los diferentes modelos predictivos (con los valores reales tomados en campo usados en esta investigación.

Anova RLS-90

Figura 31

Grafica de dispersión de valores arrojados por el programa de simulación vs valores en campo, modelo RLS-90

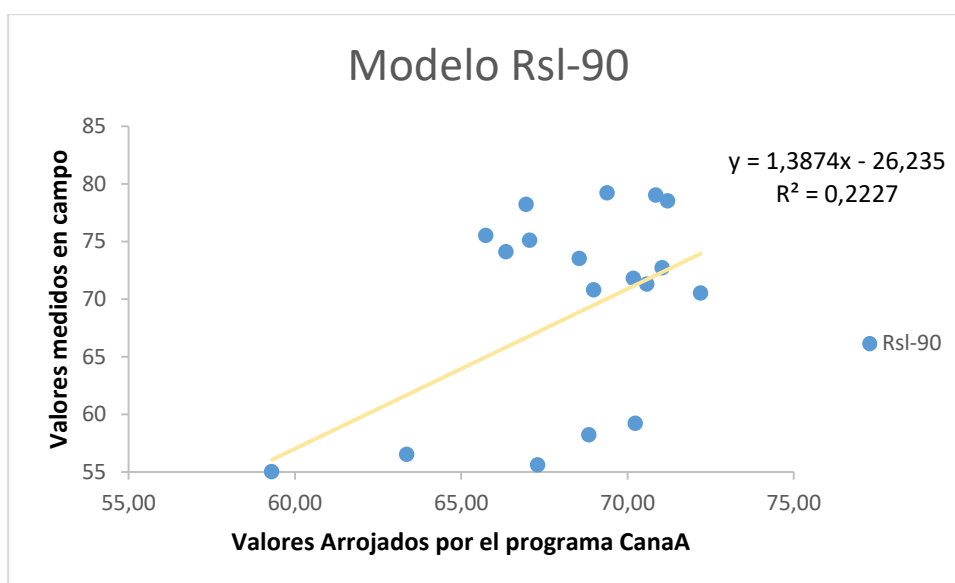


Tabla 6

Resultados Anova LS-90

Tabla resumen Anova rsl-90				
Origen Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F ratio
Total	1887,307739	39	48,39250612	
Tratamiento	0,202924946	1	0,202924946	0,004086144
Residual	1887,145399	38	49,66172102	

Anova STL-86

Figura 32

Grafica de dispersión de valores arrojados por el programa de simulación vs valores en campo, modelo STL-86

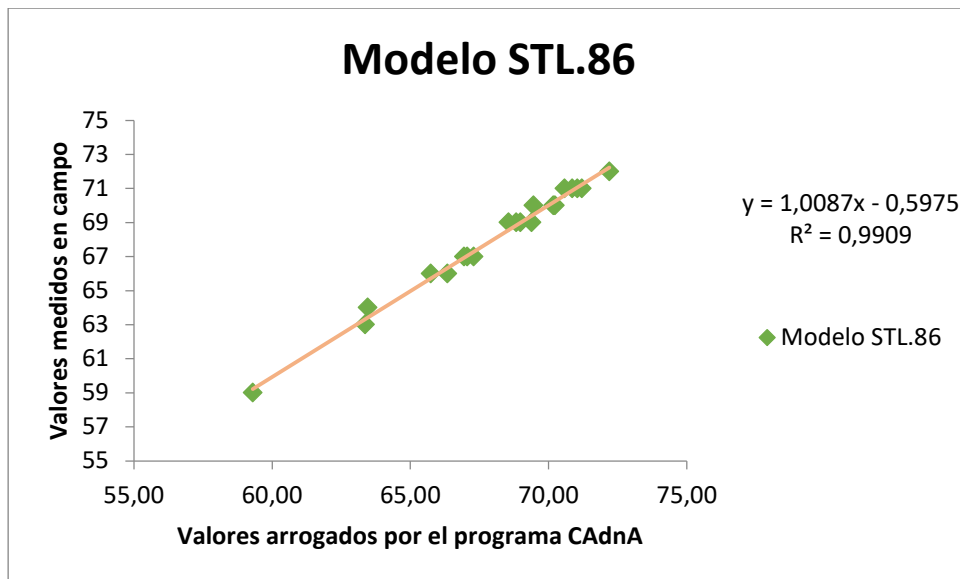


Tabla 7

Resultados Anova STL-86

Tabla resumen Anova STL-86				
Origen Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F ratio
Total	396,6434658	39	10,17034528	
Tratamiento	8,36766E-05	1	8,36766E-05	8,01655E-06
Residual	396,6433989	38	10,43798418	

El valor de f ratio, es el cociente entre las varianzas de los datos obtenidos tanto en campo como en las predicciones de ruido, obteniendo así para el modelo RLS-90 un valor de 0,004086144 este en comparación con el valor del modelo STL-86 con un f ratio de 8,01655E-06, resulta ser un valor mucho mayor, siendo el valor menor el que se considera más preciso para la predicción de ruido en la zona de estudio, el modelo STL-86, es más certero.

Para los resultados propuestos, el valor de r^2 para los diferentes modelos utilizados es de 0,2227 para el modelo RLS-90 y 0.9909 para el modelo STL-86. Estos resultados colocan al modelo STL-86 como el más fiable ya que el valor del coeficiente de correlación lineal se encuentra más cercano al 1, por ende representa una tendencia menor en relación a la distancia entre los valores medidos en campo y los valores simulados en el Software CadnaA

En el estudio de validación de mapa de ruido de tráfico de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito realizado por Ariza& Ojeda (2018), en el cual se concluye que el programa CadnaA, mediante los diferentes modelos aplicados (RLS-90, NMPB-08, SLT-86) el modelo predictivo SLT-86 permitió apreciar grandes ventajas entre las que resalta menor error absoluto, menor dispersión. Resultados que se afianzan con los valores expuestos en esta investigación, mediante el análisis Anova (F ratio y r^2)

4.2.2. Validación por error de pronóstico

Para la validación de los modelos utilizados se calculó el error obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 8

Calculo de Error de modelos predictivos

	Error Medio del Pronostico	Error medio al cuadrado	Desviación estándar de los errores	Desviación absoluta de la medida	Porcentaje de error medio Absoluto
Modelo STL86	0,0025873	0,09175283	0,31076499	0,26020635	0,39%
ModeloRLS-90	0,1274127	67,2234322	8,41202762	7,15328571	10,57%

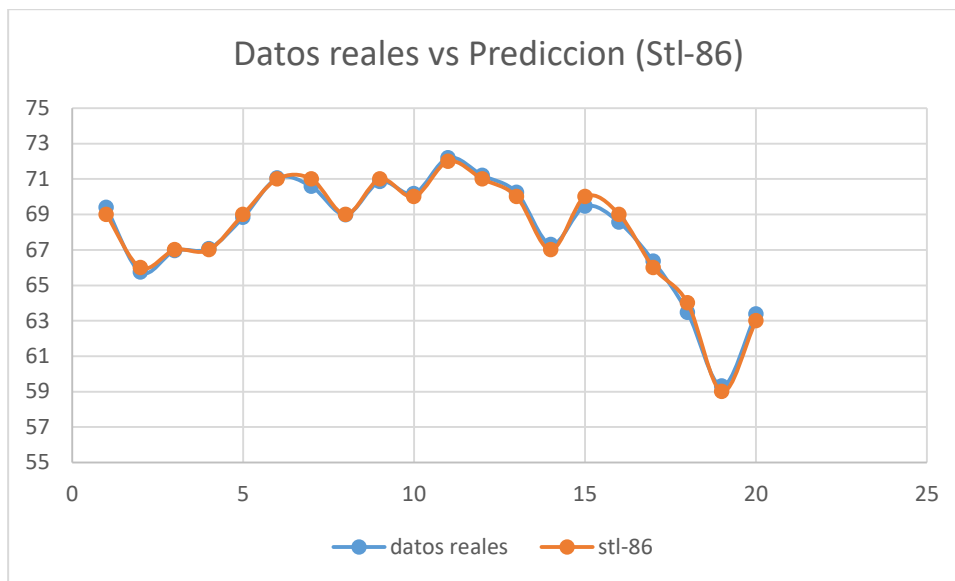
Mediante el cálculo de error se identificó que el modelo STL-86, con un valor de 0.39% tiene un porcentaje de error menor con relación al error obtenido con el modelo RLS-90, cuyo porcentaje de error fue de 10,57%. La notable diferencia entre los modelos podría concebirse desde la visión de varios autores debido al hecho de que el modelo STL_86 presenta mayor precisión, esto debido a que considera autos que van en mismo sentido y considera también un porcentaje diferente de vehículos pesados, lo que lo hace acercarse más a la realidad de los datos tomados en campo.

Lo que demuestra que para las condiciones de la zona de estudio el modelo STL-86 es un modelo óptimo de pronóstico de ruido. Ver Anexo 5 y 6.

Se procedió a hacer una gráfica de los valores obtenidos vs los valores de cada uno de los modelos, con la intención de identificar el comportamiento de cada simulación en base a sus valores de error.

Figura 33

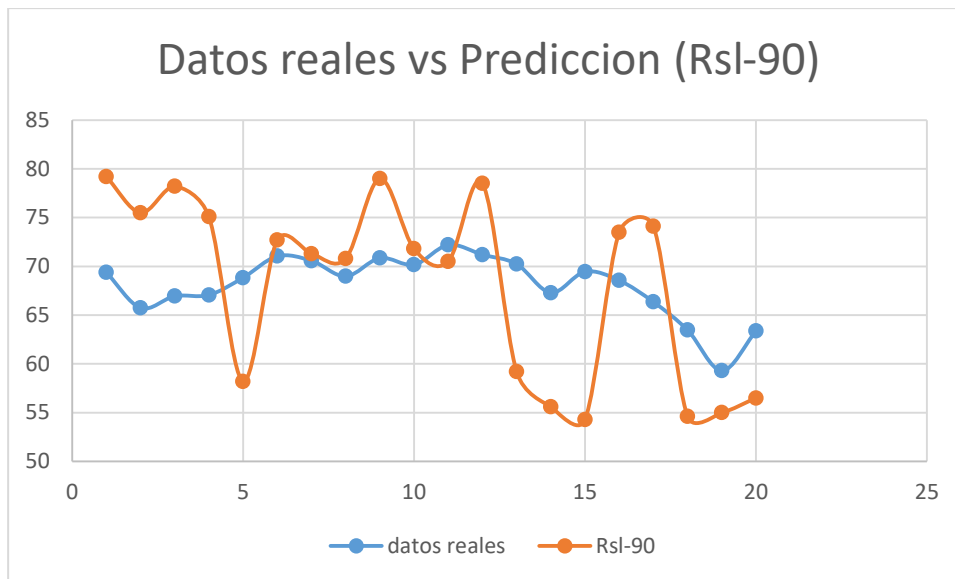
Grafica de valores obtenidos por el programa CadnaA (modelo STL-86) vs Valores obtenidos en campo



La grafica demuestra que los valores simulados por el programa CadnaA bajo el modelo de STL-86 se acercan más a los valores obtenidos en campo.

Figura 34

Grafica de valores obtenidos por el programa CadnaA (modelo RSL-90) vs Valores obtenidos en campo



La grafica demuestra que los valores simulados por el programa CadnaA bajo el modelo de RSL-90 no se acercan a los valores obtenidos en campo, demostrando de esta manera un comportamiento diferente y en relación a su valor de error.

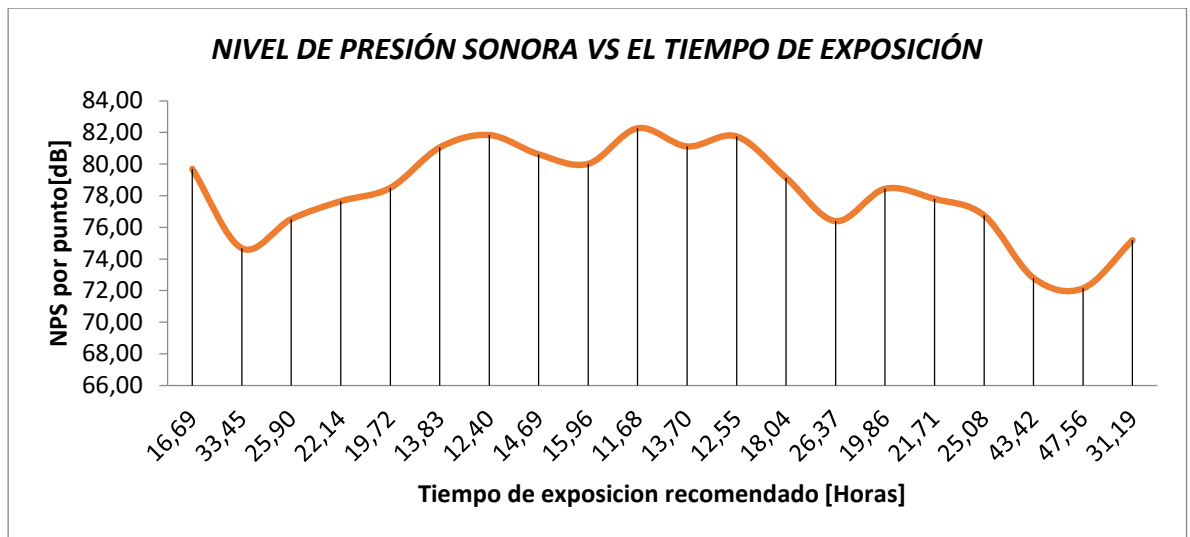
4.2.3. *Percepción del ruido*

Para la presente grafica podemos visualizar que la relación del nivel de exposición a la presión sonora en la zona de estudio, esta inversamente relacionada con el tiempo de exposición al ruido, es decir mientras mayor sea el nivel de presión sonora en el punto, menor será el tiempo que la población deberá permanecer expuesta a este contaminante.

Esta grafica realizada con los valores obtenidos en campo demuestra cual es el tiempo de exposición por punto recomendada para cada punto. Véase tabla 8.

Figura 35

Curva de nivel de presión sonora vs el tiempo de exposición



Es necesario tomar en cuenta que los niveles de presión sonora resultantes de esta investigación sobrepasan la norma, afectando directamente a la población al ser esta una zona residencial/comercial, es decir que la exposición a las personas es continua y mucho mayor al tiempo de exposición recomendado, denotando un problema en relación a el tiempo de exposición real de la zona de estudio, siendo que los valores no solo sobrepasan la norma sino que los valores de ruido medidos en campo superan las 12 horas de estimación de ruido.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se produjo el mapa de ruido mediante la herramienta de información geográfica, ArcGis haciendo uso de datos en campo recolectados bajo parámetros internacionales, el mapa generado logro describir de manera didáctica el comportamiento del ruido en la zona de estudio y se logra validar el mismo, mediante el software de simulación de ruido CadnaA, utilizando dos diferentes modelos predictivos (RLS-90 ySTL-86).

Una vez determinado el sector de estudio es necesario una exploración del mismo con el fin de identificar puntos críticos y puntos estratégicos, considerando fuentes fijas de ruido del área de estudio al igual que vías con gran flujo vehicular, ubicación de semáforos y señalética. Esto permitió realizar las mediciones y los conteos necesarios para la investigación y posterior modelación.

Se realizó un mapa base de la zona de estudio cuyos datos fueron tomados bajo los requerimientos de la norma técnica NT003, la cual está basada en las normas ISO 1996-2 para el monitoreo de ruido del ruido ambiental, tomando en cuenta la seguridad y la logística aplicada al sector se obtuvo un mapa diurno de la zona.

El Área de estudio cuenta con características únicas dentro del DMQ, al ser una área planeada como habitacional de desarrollo presenta actividades comerciales diversas de pared a pared, es decir, los locales comerciales se encuentran en directa interacción con la población que reside en esta zona , como se puede identificar en el mapa de ruido base.

El programa CadnaA logro validar el mapa de ruido base mediante los modelos predictivos RLS-90 y STL-86, estos modelos utilizan datos estándar de flujo vehicular y estructural de la zona, lo cual permite obtener datos simulados del comportamiento de ruido en el sector. Siendo el modelo STL-86 el que genero un mapa predictivo similar al obtenido en ArcGis.

5.2. Recomendaciones

- Se invita a incorporar al conjunto de variables utilizadas en la determinación del sector de estudio, selección de los puntos de muestreo y los parámetros utilizados para el mismo, con el fin de reproducir investigaciones similares utilizando sistemas de información geográfica.

- Analizar con mayor detenimiento los motivos que crean zonas dentro de la ciudad con las características del área de estudio y buscar la forma de mitigar la contaminación ambiental que pueden tener estas zonas, precautelando el buen vivir de los habitantes de estas zonas.

- Una vez concluida la presente investigación, se pone a consideración del lector investigar sobre otros aspectos relacionados con en el ruido dentro dela ciudad ya que es un aspecto importante, en la vida en la ciudad.

- Se recomienda utilizar el modelo STL-86 para futuras investigaciones en zonas con características similares, debido a su precisión y bajo nivel de error

- Analizar las posibilidades de que a futuro se pueda realizar un mapa de ruido del horario nocturno complementario a esta investigación contando con las medidas de seguridad y el personal apropiado para este hecho.

6. BIBLIOGRAFÍA

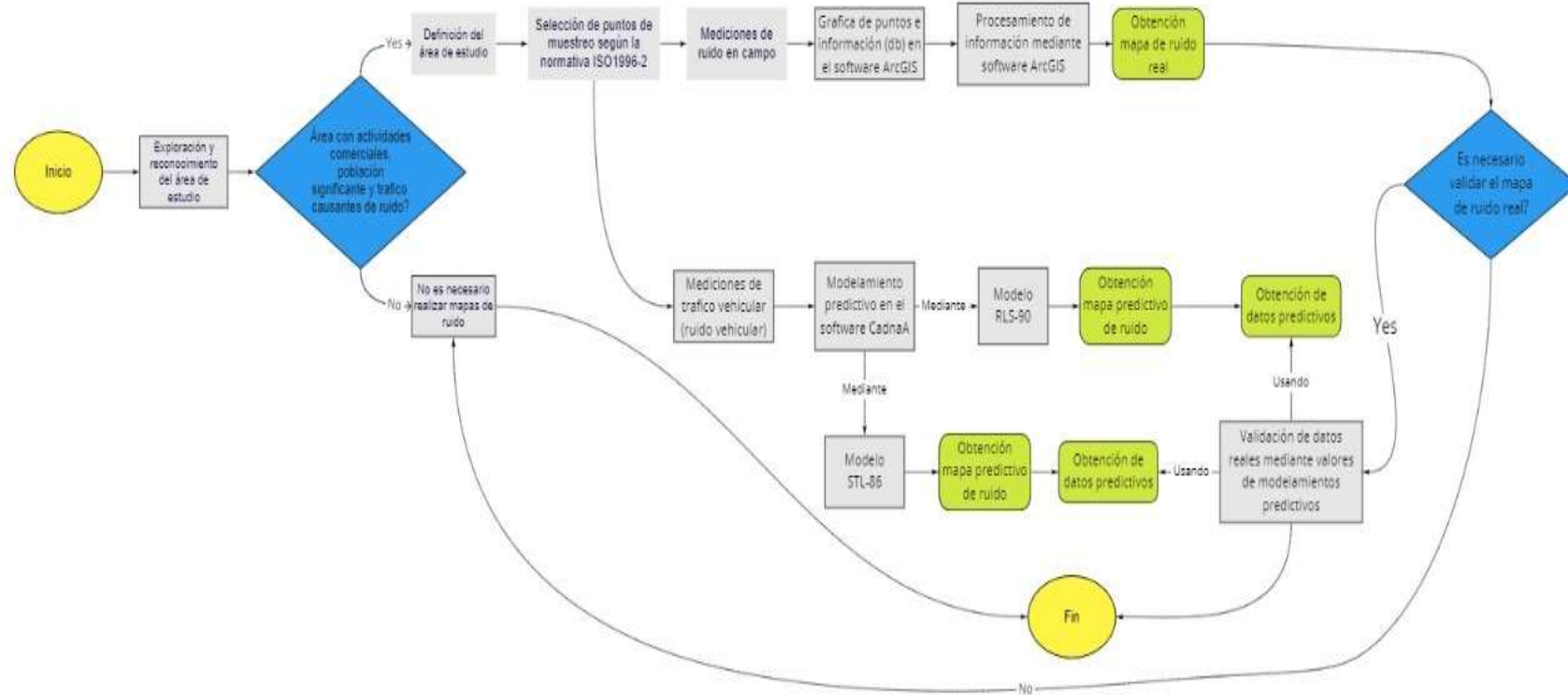
- Arias, V. (2016). *Resolucion No. SA-DGCA-NT002: Norma tecnica para contaminacion por ruido*. Obtenido de Secretaria del Ambiente.
- Berglund, B., Lindvall, T., & H Schwela, D. (Abril de s.f). *Guias para el Ruido Urbano*. Obtenido de Community Noise:
<http://cornare.gov.co/SIAR/aire/RUIDO/NORMATIVA/Guias-Ruido-Urbano-OMS-1999.pdf>
- Borja, S. O. (2017). *ELABORACION DEL MAPA ACUSTICO DEL CAMPUS SUR Y PROPESTAS DE MEJORA*. Obtenido de <http://oa.upm.es/52741/>
- Castro, E. F. (27 de Abril de 2015). *Research Gate*. Obtenido de La Contaminacion Acustica: https://www.researchgate.net/publication/325225677_La_Contaminacion_Acustica
- COA. (21 de Agosto de 2018). *CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR*. Obtenido de MINISTERIO DE AMBIENTE DEL ECUADOR:
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- COMERCIO, E. (26 de Abril de 2019). *EL COMERCIO*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/tendencias/contaminacion-auditiva-quito-ambiente-niveles.html>
- Constitucion de la Republica del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Obtenido de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- DMQ. (s.f.). *Secretaria del Ambiente, Normativas*. Obtenido de Ordenanza 138:
http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/1.%20ORDENANZA_METROPOLITANA_QUE_ES_TABLECE_EL_SISTEMA_D_871.pdf
- Dupier, E., Vallejo, R., & Yáñez, G. (1995). *Horizont Documentation*. Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-08/010006838.pdf
- Gonzalez, I. L. (2007). *Realizacion de Mapa Estrategico de Ruido de las Carreteras de la Red del Estado(A-3 Zona Campus Sur de la U.P.M)*.
- INEC. (2014). *Módulo de información Ambiental*.
- INEC. (s.f.). *Módulo de información*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Modulo_ECV/Resultados%20Principales%20ECV%20Ambiental.pdf
- Isbert, A. C. (1998). *Diseño acustico de espacios arquitectonicos*. Barcelona: Edicions de la Universitat Politecnica de Catalunya,SL.
- Isbert, A. C. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Edicions del la Universitat Politecnica de Catalunya,SL.
- Jakab, Z. (10 de Octubre de 2018). OMS fija los limites de ruido saludables: 53 decibelios en coches. (E. PRESS, Entrevistador) Madrid.
- Kluijver, H. d., & Stoter, J. (2003). Recuperado el 2020, de Noise mapping and GIS; optimizing quality and efficiency of noise effect studies. Computers, Enviromental and Urban Systems:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971501000382?via%3Dihub>
- Kueva, F. (2018). *Solanda Ciudad Reflejo*. Obtenido de http://ciudadmodelo.org/wp-content/uploads/2018/10/CATALOGO_SOLANDA_CIUDAD_REFLEJO_final.pdf
- Lefthandrotation. (2018). Obtenido de <http://www.lefthandrotation.com/museodesplazados/ciudadmodelo/galeria.htm#:~:text=EI%20PLAN%20DE%20VIVIENDA%20SOLANDA,la%20Fundaci%C3%B3n%20>

- Mariana%20de%20Jes%C3%BA.&text=Fue%20presentado%20a%20concurso%20como,vivienda%20colectiva%20en%20la%201ra.
- Lobos, V. (2008). *Evaluacion del ruido ambiental de la ciudad de Puerto Montt*. Obtenido de VI Congreso Iberoamericano de acustica FIA:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci1779e/sources/bmfci177>
- Martínez Sandoval, A. (2005). Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración. *Revista De Economía & Administración*, 2(1).
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (6 de Agosto de 2017). *MAE*. Obtenido de
<https://www.ambiente.gob.ec/hoy-ecuador-le-dice-no-al-ruido/>
- Miyara, F. (1999). Control de Ruido.
- Montalvo Herdoíza, J. P., & Moreira-Vera, D. V. (2016). El Cerebro y la Música. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 25(1-3). Obtenido de Departamento de Ciencias Medicas, seccion Neurologia Universidad Tecnica de Manabí:
<https://www.utm.edu.ec/investigacion/phocadownload/publicaciones/Publicaciones-Scopu/2016/2016%20CEREBRO-Y-MUSICA.pdf>
- MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, EMPRESA MUNICIPAL DE MOVILIDAD Y OBRAS PUBLICAS, GERENCIA DE PLANIFICACION DE MOVILIDAD. (2009). *Repositorio FLACSO*. Obtenido de
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/39701.pdf>
- Murillo-Gómez, D. M.-C.-R.-G. (2015). Assessment of the RLS 90 calculation method for predicting road traffic noise in Colombian conditions. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* (75), 175.
- Parra, P. C., & Cuesta Ruiz, M. (2018). El Ruido. En *El Ruido* (págs. 10-15). Madrid: Catarata.
- Pérez de Siles Marin, A. (2001). *Aplicación informática orientada a la formación y evaluación de riesgos derivados de la exposición al ruido en ambientes industriales* (Vol. 20). Universidad de Cordova.
- Pinto, F. A., & Moreno Mardones, M. (29 de Julio de 2018). *Noise mapping of densely populated neighborhoods—example of Copacabana, Rio de Janeiro—Brazil*. Obtenido de Springer Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0437-9>
- Secretaria de Ambiente. (2018). *NORMA TECNICA PARA CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO (NT003)*. Quito.
- SERRA, R., & COOCH, H. (1995). *Arquitectura y energia natural*. Barcelona: Edicions UPC.
- Texto Unificado de la Legislacion Secundaria del Mministerio del Ambiente. (29 de Marzo de 2017). Obtenido de Ministerio del Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- WHO. (2009). *World Health Stadistics*. Suiza: Worl Health Organization.

7. ANEXOS

Anexo 1

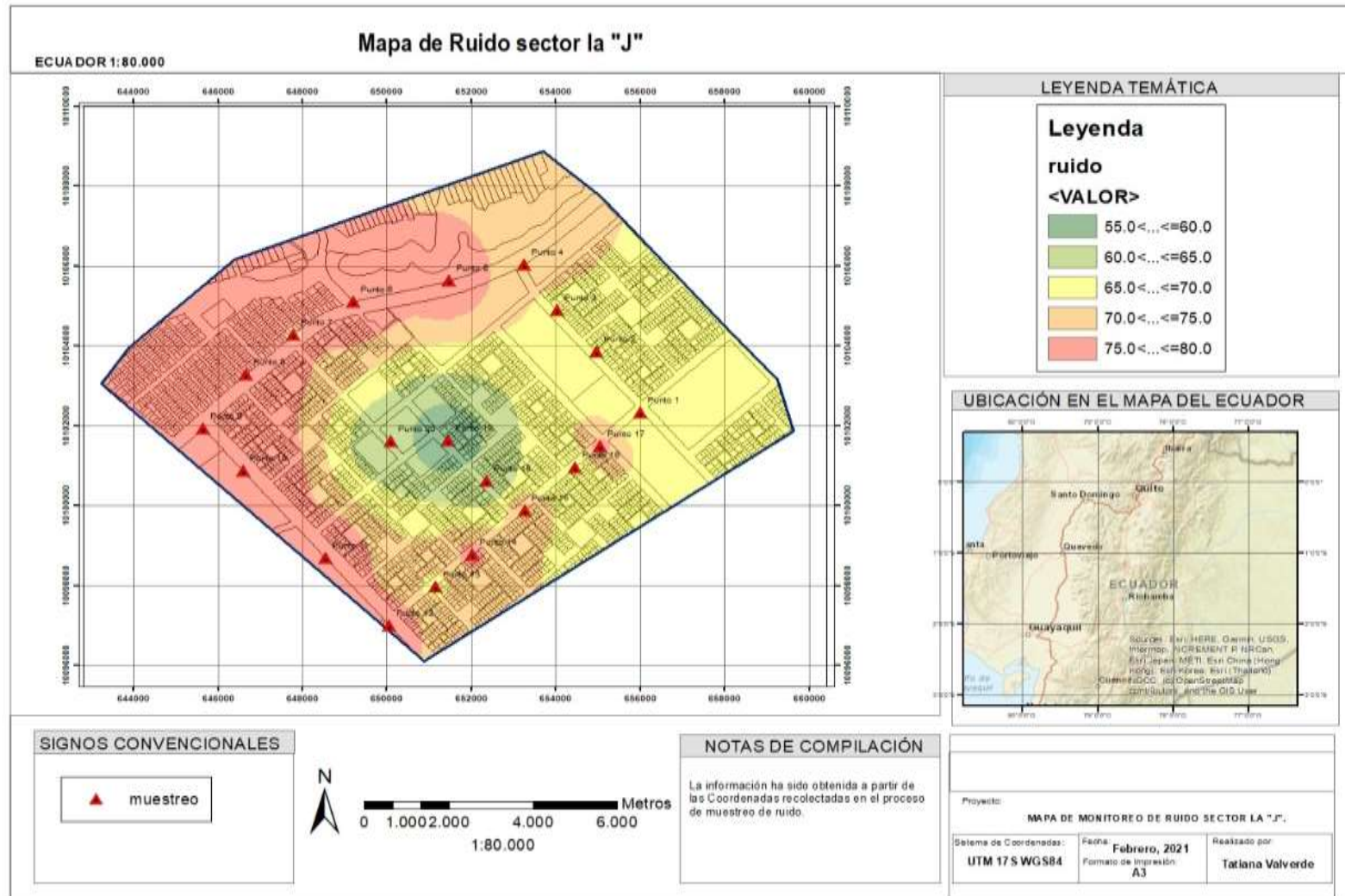
Flujograma de Metodología



miro

Anexo 2

Mapa de ruido creado en ArcGis



Anexo 3

Tablas de muestreo de ruido de la mañana

punto	Medición 1[dBA]	Medición 2[dBA]	Medición 3[dBA]	Promedio	Día/Hora
1	72,1	72,6	72,2	72,3	Muestreo realizado el día lunes (25/1/2021) en las horas de la mañana 8:00 a 9:00
2	60,4	60,3	60,5	60,4	
3	65,5	65	65,8	65,4	
4	57,8	58,4	57,4	57,9	
5	70,5	70,9	71,6	71,0	
6	67,4	67,9	67,1	67,5	
7	67,2	66,8	66,8	66,9	
8	60,1	60,5	60,2	60,3	
9	70,4	70	70,6	70,3	
10	69,4	69,9	69	69,4	
11	69,9	70,3	70,6	70,3	
12	67,5	67,8	65,7	67,0	
13	69	69,8	69,1	69,3	
14	61,3	61	61,1	61,1	
15	68,4	68,6	68,6	68,5	
16	64,3	64,7	63,1	64,0	
17	62,4	63,2	64,2	63,3	
18	70,8	71,3	71	71,0	
19	57,2	57,9	57,2	57,4	
20	56,4	56,8	56,5	56,6	
1	70,1	70,7	69,1	70,0	Muestreo realizado el día Martes (26/1/2021) en las horas de la mañana 8:30 a 9:45
2	59,8	59,8	59,9	59,8	
3	64,8	65,7	64,5	65,0	
4	56,6	56	56,3	56,3	
5	70,3	70,4	70,4	70,4	
6	68,7	67,9	67,5	68,0	
7	67,1	67,8	67,6	67,5	
8	67	67,4	68,7	67,7	
9	70,5	70,4	71,2	70,7	
10	70,1	69,8	70,4	70,1	
11	69,8	69,3	70	69,7	
12	68,9	69,2	69,5	69,2	
13	70,4	69,8	69	69,7	
14	60,6	60,7	61,2	60,8	
15	68	69,1	68,7	68,6	
16	65,7	65,1	66,2	65,7	
17	63,4	63,1	62,5	63,0	
18	71,4	70,8	71,2	71,1	
19	56,4	56,7	57,1	56,7	
20	60,4	61,4	60,8	60,9	

1	71,2	71,3	71,2	71,2	Muestreo realizado el día Miércoles (27/1/2021) en las horas de la mañana 8:30 a 10:00
2	62,4	62,5	62,1	62,3	
3	66,2	66,7	67,1	66,7	
4	58,4	58,4	57,7	58,2	
5	71,2	71,3	71	71,2	
6	70,2	71,3	70,5	70,7	
7	69,7	68,2	68,9	68,9	
8	68,4	68,9	67,9	68,4	
9	71,5	71,6	71	71,4	
10	70,5	71,2	70,2	70,6	
11	70,4	70,7	70,1	70,4	
12	69,7	69,9	69,9	69,8	
13	71,2	70,7	70,4	70,8	
14	62,4	61	62,9	62,1	
15	69,4	69,3	69,1	69,3	
16	66	66,7	67	66,6	
17	63,5	63,7	63,2	63,5	
18	72,4	71,9	72,3	72,2	
19	56,8	57,1	57,1	57,0	
20	68,7	67,8	67,9	68,1	
1	73,5	73,5	73,1	73,4	Muestreo realizado el día jueves (28/1/2021) en las horas de la mañana 8:00 a 9:00
2	58,7	58,1	58,4	58,4	
3	69,4	68,9	69,6	69,3	
4	72,4	72,5	71,2	72,0	
5	70,6	70,5	70,3	70,5	
6	70,7	70,3	70,1	70,4	
7	67,8	68,7	68,3	68,3	
8	63,4	63,6	63,3	63,4	
9	70,2	70	70,4	70,2	
10	70,3	70,2	70,7	70,4	
11	70,6	70,7	70,5	70,6	
12	66,8	66,7	66,4	66,6	
13	70,4	70,1	70,9	70,5	
14	61,5	61,9	61,7	61,7	
15	68,8	68,9	69	68,9	
16	64,7	64,1	64,3	64,4	
17	65,8	65,4	65,7	65,6	
18	70	70,1	69,6	69,9	
19	56,7	56,5	56,1	56,4	
20	56,9	56,2	56,7	56,6	
1	75,2	75,4	74,2	74,9	Muestreo realizado el día viernes (29/1/2021) en las horas de la mañana 8:00 a 9:00
2	59,5	58,9	58,4	58,9	
3	69,8	70,1	72,1	70,7	
4	60,4	60,1	60,8	60,4	
5	73,6	73,2	74	73,6	
6	69,1	68,1	70,1	69,1	

7	66,8	67,2	66,9	67,0	Muestreo realizado el día Sábado (30/1/2021) en las horas de la mañana 8:00 a 9:00
8	62	63,4	63,6	63,0	
9	70,6	70,3	71,2	70,7	
10	69	70,5	70,8	70,1	
11	70,6	71,3	72,1	71,3	
12	65,7	67,5	66,3	66,5	
13	69,1	68,3	70,1	69,2	
14	61,1	60,3	61,4	60,9	
15	68,6	67,4	67,7	67,9	
16	63,1	64,7	62,1	63,3	
17	64,2	64,3	64,9	64,5	
18	71	71,2	72,3	71,5	
19	57,2	57,4	58,6	57,7	
20	55	56,7	56,1	55,9	
1	76,4	76,9	75,6	76,3	Muestreo realizado el día Domingo (31/1/2021) en las horas de la mañana 9:00 a 10:00
2	58,8	58,9	59,4	59,0	
3	70,2	70,7	70,1	70,3	
4	61,4	60,4	60,7	60,8	
5	73,4	73,1	73,4	73,3	
6	70,1	70,6	70	70,2	
7	67,3	67,9	70,3	68,5	
8	62,9	63,4	63,2	63,2	
9	70,4	70,3	71	70,6	
10	70,2	69,7	69,4	69,8	
11	70,4	71,4	71,1	71,0	
12	66,5	65,8	65,3	65,9	
13	70,9	70,4	69,4	70,2	
14	62,5	62,3	63,6	62,8	
15	68,4	68,7	69,2	68,8	
16	64,3	63,1	63,5	63,6	
17	64,2	65,4	66,2	65,3	
18	70,9	71,5	70,3	70,9	
19	58,2	57,3	57,1	57,5	
20	56,3	57,4	56,1	56,6	
1	60,7	60,3	61,2	60,7	Muestreo realizado el día domingo (31/1/2021) en las horas de la mañana 9:00 a 10:00
2	60,9	62,3	61,4	61,5	
3	62,6	62,3	62,1	62,3	
4	67,7	67,1	68,5	67,8	
5	60,6	60,2	61,4	60,7	
6	60,8	61,5	61,9	61,4	
7	61,7	62,6	62,3	62,2	
8	61,2	61,4	61,8	61,5	
9	62,9	63,8	63,4	63,4	
10	58,7	58,9	60,3	59,3	
11	66,9	67,3	67,8	67,3	
12	58,1	59,3	59,1	58,8	

13	70,9	71,2	71,4	71,2
14	64,6	65,7	65,9	65,4
15	66,8	66,9	67,9	67,2
16	68,5	67,4	67,3	67,7
17	62,3	63,5	63,7	63,2
18	65	65,8	67,8	66,2
19	60,5	60,3	61,9	60,9
20	63,9	62,4	63,8	63,4

Tablas de muestreo de ruido de la tarde

punto	Medición 1[dBA]	Medición 2[dBA]	Medición 3[dBA]	Promedio	Día/Hora
1	63,4	63,7	62,5	63,2	Muestreo realizado el día Lunes(25/1/2021) en las horas de la tarde 16:00-17:00
2	68,7	70,1	70,5	69,8	
3	70,5	70,6	71	70,7	
4	71,5	71	69,6	70,7	
5	72,2	71,1	71,6	71,6	
6	73,5	72,5	73,8	73,3	
7	71,5	72,3	72,7	72,2	
8	75,4	74,3	75,5	75,1	
9	72,3	73,4	73,8	73,2	
10	76,4	75,7	76,1	76,1	
11	75,6	76,3	75,4	75,8	
12	78,9	79,4	79,8	79,4	
13	70,5	70,1	71,5	70,7	
14	71,4	71,4	71,8	71,5	
15	69,4	68,1	68,3	68,6	
16	70,5	70,9	71,2	70,9	
17	71,4	71,3	70,7	71,1	
18	56,3	56,5	56,9	56,6	
19	54,7	54,2	53,9	54,3	
20	70,5	71,3	70,8	70,9	
1	62	61,4	62,3	61,9	Muestreo realizado el día martes (26/1/2021) en las horas de la tarde 15:30- 17:00
2	67,9	67,4	64,8	66,7	
3	71,5	70,7	70,9	71,0	
4	77,7	76,8	77,9	77,5	
5	74,2	73,9	74,7	74,3	
6	81,4	82,4	81,7	81,8	
7	86,3	86,9	87,5	86,9	
8	84,3	83,6	84,9	84,3	
9	73,4	73,7	74,9	74,0	
10	87,2	88,8	87,3	87,8	
11	77,8	76,8	77,4	77,3	
12	81,2	82,6	82,7	82,2	
13	72,3	73,7	72,9	73,0	

14	71,2	72,7	72,5	72,1	
15	67,1	68,7	68,6	68,1	
16	73,4	74,3	72,9	73,5	
17	71,4	71,3	70,7	71,1	
18	58,9	56,7	57,6	57,7	
19	56,7	56,8	57,3	56,9	
20	70,3	70,9	70,5	70,6	Muestreo realizado el día miércoles (27/1/2021) en las horas de la tarde 15:30-17:00
1	66,7	67,8	68,2	67,6	
2	70,7	71,3	70,5	70,8	
3	70,5	70,7	71,4	70,9	
4	71	71,4	72,4	71,6	
5	67,1	68,3	67,8	67,7	
6	67,3	67,7	68,7	67,9	
7	73,7	73,4	72,6	73,2	
8	69,6	68,5	70,4	69,5	
9	70,4	70	71,5	70,6	
10	68,2	69,4	68,7	68,8	
11	73,6	73,4	74,3	73,8	
12	70,7	71,4	71	71,0	
13	66,1	65,8	67,4	66,4	
14	64	63,8	64,8	64,2	
15	74,1	74,8	73,4	74,1	
16	67,3	68,7	66,5	67,5	
17	71,6	72,4	71,9	72,0	
18	64,4	65,7	64,8	65,0	
19	54,8	56,7	54,3	55,3	
20	57,5	58,6	56,4	57,5	
1	67,3	67,2	65,4	66,6	Muestreo realizado el día Jueves (28/1/2021) en las horas de la tarde 15:30-17:00
2	71,3	72,4	70,5	71,4	
3	70	71,2	70,5	70,6	
4	71,5	72,4	71,3	71,7	
5	66,2	67,3	66,8	66,8	
6	65,6	66,76	66	66,1	
7	72,7	72,8	71,9	72,5	
8	68,6	68,9	67,5	68,3	
9	70,4	69,2	70,3	70,0	
10	68	68,9	69,4	68,8	
11	72,6	73,6	72,4	72,9	
12	70,5	71,4	70,9	70,9	
13	66,6	66	67,8	66,8	
14	64,3	65,4	64,9	64,9	
15	73,6	75,1	72,5	73,7	
16	68,3	67,8	67,4	67,8	
17	70,6	71,6	71,2	71,1	
18	65,4	65,7	64,6	65,2	
19	52,8	53,4	52,3	52,8	

20	56,5	57,7	57,8	57,3	Muestreo realizado el día viernes (29/1/2021) en las horas de la tarde 15:00 a 16:30
1	74	73,6	75,9	74,5	
2	68	67,3	67,2	67,5	
3	66,7	66	67,1	66,6	
4	68,7	67,8	67,3	67,9	
5	67,5	67,3	68,6	67,8	
6	73,6	74,7	74,7	74,3	
7	70,4	72,5	70,3	71,1	
8	76,4	77,4	76,9	76,9	
9	73,3	73,4	72,4	73,0	
10	69,4	70,3	70,5	70,1	
11	72,5	71,4	72	72,0	
12	74,2	75,6	74,7	74,8	
13	72,2	71,2	72,9	72,1	
14	69,1	70,4	70,7	70,1	
15	67,4	68,8	69,4	68,5	
16	66,5	67,4	67,7	67,2	
17	48,6	48,2	47,9	48,2	
18	56,6	57,8	56,2	56,9	
19	73,4	73,4	74,5	73,8	
20	72,6	71,5	72,9	72,3	
1	71,6	72,3	72,7	72,2	Muestreo realizado el día sábado (30/1/2021) en las horas de la tarde 16:00 a 17:00
2	65,2	66,7	66,9	66,3	
3	62,2	62,5	64,5	63,1	
4	70,2	71,5	71,3	71,0	
5	70,8	70,4	70,5	70,6	
6	69,2	70,5	71,3	70,3	
7	68,9	69,5	69,3	69,2	
8	74,5	73,4	74,7	74,2	
9	73	73,6	74,2	73,6	
10	67,7	68,9	67,8	68,1	
11	73,6	73,8	74,2	73,9	
12	68,9	67,8	68,3	68,3	
13	68,3	67,7	69,7	68,6	
14	74,9	73,9	73,6	74,1	
15	70,4	71,3	71,5	71,1	
16	72,6	72,5	73,5	72,9	
17	70,6	71,6	70,2	70,8	
18	60,5	59,7	58,3	59,5	
19	58,1	57,9	58,7	58,2	
20	55,3	55,6	56,7	55,9	

1	70,3	70,6	69,8	70,2	Muestreo realizado el día domingo (31/1/2021) en las horas de la tarde 16:00 a 17:00
2	69,8	70,1	70	70,0	
3	67,8	68,7	67,2	67,9	
4	66,8	67,3	67,1	67,1	
5	64,9	65,7	64,7	65,1	
6	73,4	73,4	74,1	73,6	
7	72,9	72,1	72,2	72,4	
8	70,5	70,9	70,3	70,6	
9	71,3	72,3	72,5	72,0	
10	72,1	73,1	72,5	72,6	
11	73,7	73,5	74,5	73,9	
12	72,5	72,3	73,4	72,7	
13	70,5	70,6	70,2	70,4	
14	69,5	69,7	70,6	69,9	
15	70,4	71,4	70,7	70,8	
16	67,4	68,7	68,9	68,3	
17	66,5	67,8	66,3	66,9	
18	67,3	67,4	68,6	67,8	
19	69,6	69,3	68,7	69,2	
20	68,7	67,9	70,2	68,9	

Tablas de muestreo de ruido de la noche

punto	Medición 1[dBA]	Medición 2 [dBA]	Medición 3[dBA]	Promedio	Día/Hora
1	64,5	63,7	63,4	63,9	Muestreo realizado el día Lunes (25/1/2021) en las horas de la tarde 20:00-21:00
2	70,3	70,1	68,3	69,6	
3	69,4	70,6	70,2	70,1	
4	71,3	70,5	70,3	70,7	
5	70,9	71,1	71,6	71,2	
6	72,3	72,5	72,9	72,6	
7	73,4	73,3	72,5	73,1	
8	75,4	74,3	75,1	74,9	
9	73	73,4	73,9	73,4	
10	76,1	75,7	76,4	76,1	
11	76,5	76,3	75,9	76,2	
12	79,1	79,4	79,2	79,2	
13	70,1	70,1	71,7	70,6	
14	71,4	71,8	72,8	72,0	
15	69,1	68,1	70,4	69,2	
16	70,2	70,9	70,6	70,6	
17	71,4	71,3	70,9	71,2	
18	56,7	56,5	57,8	57,0	
19	54,4	54,2	55,6	54,7	
20	71,3	71,6	72,2	71,7	

1	63,4	63,6	64,2	63,7	Muestreo realizado el día Martes (26/1/2021) en las horas de la tarde 20:00-21:00
2	67,4	67,8	67,6	67,6	
3	70,7	71,2	70,3	70,7	
4	74,6	74,5	73,5	74,2	
5	73,9	72,6	72,2	72,9	
6	78,4	78,9	77,3	78,2	
7	78,4	78,3	79,3	78,7	
8	79,3	78,4	79,9	79,2	
9	73,7	74,3	73,5	73,8	
10	73,4	72,5	73,2	73,0	
11	76,8	75,6	76,1	76,2	
12	80,1	79	80,5	79,9	
13	72,4	72,1	73,7	72,7	
14	71,4	70,2	72,7	71,4	
15	70,4	70,7	68,7	69,9	
16	73,2	73,4	74,3	73,6	
17	70,7	71,6	71,3	71,2	
18	56,4	57,8	56,7	57,0	
19	56,9	57,8	56,8	57,2	
20	70,2	71,4	70,9	70,8	
1	64,7	63,8	65,1	64,5	Muestreo realizado el día miércoles (27/1/2021) en las horas de la tarde 20:00-21:30
2	60,9	61,3	60,7	61,0	
3	62,5	63,4	62,7	62,9	
4	62,9	63,4	62,8	63,0	
5	63,1	62,9	62,5	62,8	
6	69,3	69,6	70,1	69,7	
7	62,8	62,8	62,5	62,7	
8	63,4	63,8	64,9	64,0	
9	63,8	64,8	64,2	64,3	
10	57,1	56,9	56,1	56,7	
11	70,2	71,9	70,6	70,9	
12	62,2	62,3	63,7	62,7	
13	64,2	63,6	63,9	63,9	
14	64,8	64,7	63,7	64,4	
15	67,2	67,8	66,2	67,1	
16	66,8	65,8	67,9	66,8	
17	68,2	67,9	68,4	68,2	
18	58,3	57,6	60,2	58,7	
19	60,3	61,6	58,9	60,3	
20	70,4	70,2	68,4	69,7	
1	73,2	72,4	72,6	72,7	Muestreo realizado el día jueves (28/1/2021) en las horas de la noche 20:00 a 21:00
2	69,6	70,1	69,4	69,7	
3	64,9	65,7	64,1	64,9	
4	64,5	64,1	65,7	64,8	
5	68,7	67,9	68,1	68,2	
6	70,6	70,2	71,4	70,7	

7	62,4	63,4	62,7	62,8	
8	54,1	56,7	54,8	55,2	
9	64,6	63,6	63,4	63,9	
10	59,3	60,4	60,8	60,2	
11	67,1	68,9	67,2	67,7	
12	65,5	66,7	66,2	66,1	
13	71,4	71,3	70,3	71,0	
14	69,4	70,4	70,6	70,1	
15	63,8	64,5	63,7	64,0	
16	66,5	67,8	66,7	67,0	
17	66,9	66,7	67,8	67,1	
18	59,3	60,4	60,1	59,9	
19	55	56,7	56,3	56,0	
20	46,5	47,8	47,2	47,2	
1	74	75,3	75,6	75,0	Muestreo realizado el día viernes (29/1/2021) en las horas de la tarde 20:00 a 21:00
2	68	67,4	68,3	67,9	
3	66,7	66,8	67,2	66,9	
4	68,7	67,8	67,2	67,9	
5	67,5	67,3	68	67,6	
6	73,6	73,1	73,9	73,5	
7	70,4	70,3	71,3	70,7	
8	76,4	77,8	77,3	77,2	
9	73,3	73,2	73,6	73,4	
10	69,4	70,1	69,4	69,6	
11	72,5	72,4	73,4	72,8	
12	74,2	75,6	75,8	75,2	
13	72,2	73,6	73,1	73,0	
14	69,1	70,3	71,3	70,2	
15	67,4	68,9	68,7	68,3	
16	66,5	67,5	68,9	67,6	
17	48,6	50,4	49,2	49,4	
18	56,6	57,7	56,7	57,0	
19	73,4	74,6	74,2	74,1	
20	72,6	73,6	73,5	73,2	
1	72,5	73,4	72,3	72,7	Muestreo realizado el día sábado (30/1/2021) en las horas de la noche 20:00 a 21:00
2	71,8	71,6	70,2	71,2	
3	59,2	60,4	60,7	60,1	
4	67,8	68,7	67,8	68,1	
5	63,9	63	64,7	63,9	
6	70,6	71,5	71,8	71,3	
7	73,6	73,6	72,3	73,2	
8	65,3	66,7	65,3	65,8	
9	72,8	71,3	72,9	72,3	
10	72,6	73,1	72,8	72,8	
11	71	70,8	71,5	71,1	
12	74,2	75,2	74,3	74,6	

13	72	73,6	72,9	72,8	Muestreo realizado el día domingo (31/1/2021) en las horas de la noche 20:00 a 21:00
14	71,1	72,3	71,3	71,6	
15	72,4	72,3	73,4	72,7	
16	75,3	75,6	76,1	75,7	
17	73,2	74,5	73,2	73,6	
18	60,3	61,6	60,2	60,7	
19	58,6	59,3	57,6	58,5	
20	63,2	62,4	62,9	62,8	
1	68,3	70	70,2	69,5	
2	70,3	70,3	71,8	70,8	
3	59,2	60,4	60,2	59,9	
4	67,8	68,2	70,2	68,7	
5	63,9	64,5	64,9	64,4	
6	70,6	71,8	71,4	71,3	
7	73,6	74,6	74,8	74,3	
8	65,3	66,7	66,1	66,0	
9	72,8	73,8	73,1	73,2	
10	72,6	73,6	73,9	73,4	
11	71,8	70,9	71	71,2	
12	73,5	75,2	74,2	74,3	
13	72,1	72	72	72,0	
14	71,8	71,1	72,3	71,7	
15	72,8	73,5	73,4	73,2	
16	74,6	74,9	75,1	74,9	
17	73,6	73,2	72,4	73,1	
18	60,8	61,5	60,3	60,9	
19	60,9	61,6	58,6	60,4	
20	63,2	64,8	63,4	63,8	

Anexo 4

Tabla de datos reales y valores obtenidos mediante el programa CadnaA

Reales	Modelo STL.86	Modelo rsl-90
69,39	69	79,2
65,74	66	75,5
66,95	67	78,2
67,06	67	75,1
68,84	69	58,2
71,05	71	72,7
70,58	71	71,3
68,98	69	70,8
70,86	71	79
70,17	70	71,8
72,20	72	70,5
71,20	71	78,5
70,23	70	59,2
67,30	67	55,6
69,46	70	54,3
68,55	69	73,5
66,35	66	74,1
63,46	64	54,6
59,30	59	55
63,37	63	56,5

Anexo 5

Tabla de cálculo de error para modelo STL-86

Puntos	datos reales	stl-86	EMP	EMC	DEE	DAM	PEMA
1	69,39	69	0,38730159	0,15000252	0,14800508	0,38730159	0,56%
2	65,74	66	0,25555556	0,06530864	0,06663773	0,25555556	0,39%
3	66,95	67	0,04920635	0,00242126	0,00268258	0,04920635	0,07%
4	67,06	67	0,06349206	0,00403124	0,00370939	0,06349206	0,09%
5	68,84	69	0,16349206	0,02672965	0,02758236	0,16349206	0,24%
6	71,05	71	0,04539683	0,00206087	0,00183266	0,04539683	0,06%
7	70,58	71	0,41904762	0,17560091	0,17777601	0,41904762	0,59%
8	68,98	69	0,01904762	0,00036281	0,00046807	0,01904762	0,03%
9	70,86	71	0,14285714	0,02040816	0,02115409	0,14285714	0,20%
10	70,17	70	0,17460317	0,03048627	0,02958946	0,17460317	0,25%

11	72,20	72	0,2	0,04	0,03897177	0,2	0,28%
12	71,20	71	0,2047619	0,04192744	0,04087457	0,2047619	0,29%
13	70,23	70	0,23492063	0,0551877	0,05397878	0,23492063	0,33%
14	67,30	67	0,2984127	0,08905014	0,08751267	0,2984127	0,44%
15	69,46	70	- 0,54126984	0,29297304	0,29578059	0,54126984	0,78%
16	68,55	69	- 0,44603175	0,19894432	0,20125905	0,44603175	0,65%
17	66,35	66	0,34920635	0,12194507	0,12014476	0,34920635	0,53%
18	63,46	64	- 0,53968254	0,29125724	0,29405658	0,53968254	0,85%
19	59,30	59	0,3031746	0,09191484	0,09035273	0,3031746	0,51%
20	63,37	63	0,36666667	0,13444444	0,13255378	0,36666667	0,58%
Error			0,0025873	0,09175283	0,31076499	0,26020635	0,39%

Anexo 6

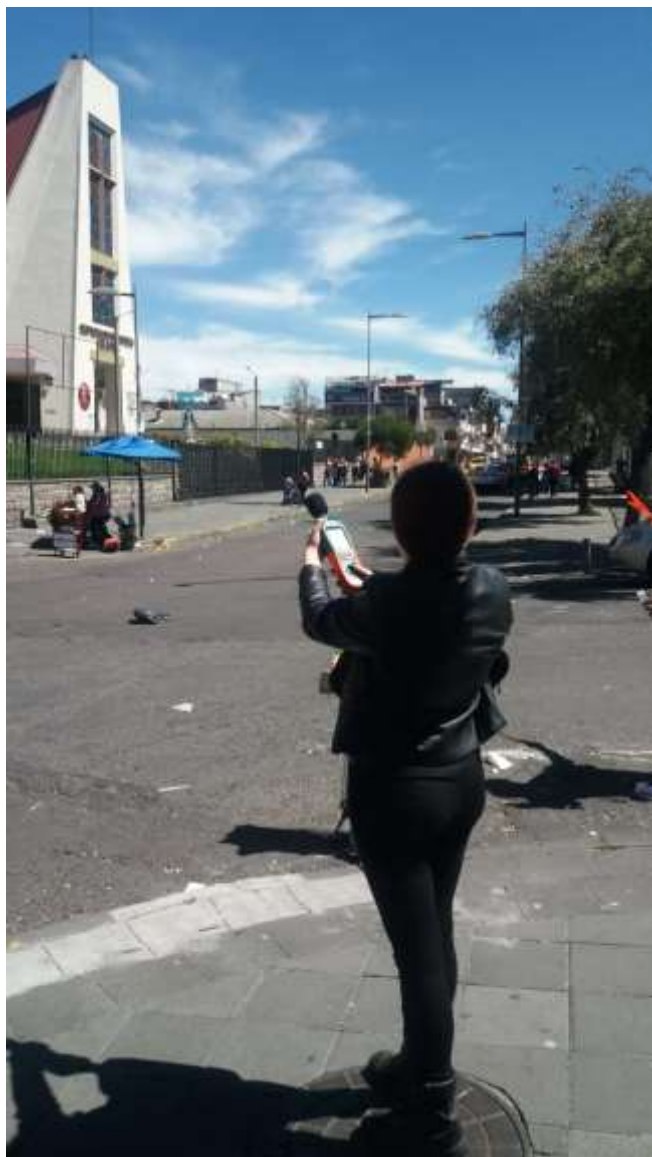
Tabla de cálculo de error para modelo RSL-90

Puntos	datos reales	Rsl-90	EMP	EMC	DEE	DAM	PEMA
1	69,39	79,2	- 9,81269841	96,2890501	96,3398337	9,81269841	14,14%
2	65,74	75,5	- 9,75555556	95,1708642	95,221352	9,75555556	14,84%
3	66,95	78,2	- 11,2492063	126,544643	126,60286	11,2492063	16,80%
4	67,06	75,1	- 8,03650794	64,5854598	64,6270522	8,03650794	11,98%
5	68,84	58,2	10,6365079	113,135301	113,080268	10,6365079	15,45%
6	71,05	72,7	- 1,65460317	2,73771167	2,74628027	1,65460317	2,33%
7	70,58	71,3	- 0,71904762	0,51702948	0,52075696	0,71904762	1,02%
8	68,98	70,8	- 1,81904762	3,30893424	3,31835378	1,81904762	2,64%
9	70,86	79	- 8,14285714	66,3061224	66,3482652	8,14285714	11,49%
10	70,17	71,8	- 1,62539683	2,64191484	2,65033232	1,62539683	2,32%
11	72,20	70,5	1,7	2,89	2,88120987	1,7	2,35%
12	71,20	78,5	-7,2952381	53,2204989	53,2582555	7,2952381	10,25%
13	70,23	59,2	11,0349206	121,769473	121,712379	11,0349206	15,71%
14	67,30	55,6	11,6984127	136,85286	136,792332	11,6984127	17,38%
15	69,46	54,3	15,1587302	229,7871	229,708666	15,1587302	21,82%
16	68,55	73,5	- 4,94603175	24,46323	24,4888305	4,94603175	7,21%
17	66,35	74,1	- 7,75079365	60,0748022	60,1149162	7,75079365	11,68%
18	63,46	54,6	8,86031746	78,5052255	78,4593836	8,86031746	13,96%
19	59,30	55	4,3031746	18,5173117	18,4950511	4,3031746	7,26%

20	63,37	56,5	6,86666667	47,1511111	47,1155855	6,86666667	10,84%
	Error		-0,1274127	67,2234322	8,41202762	7,15328571	10,57%

Anexo 7

Fotos toma de puntos



Anexo 8

Esquina Salvador Bravo



Nota: Intersección calles Salvador Bravo y Jose Maria Aleman.

Anexo 9

Mercado de Solanda



Anexo 10

Esquina Cardenal de la torre



Nota: Intersección Avenida Solanda y Avenida Cardenal de la Torre.

Anexo 11

Afluencia de personas en la calle “J”



Nota: calle Jose Maria Aleman (La “J”) en horas de la mañana.

Anexo 12

Afluencia de personas en la calle “J”



Nota: calle Jose Maria Aleman(La “J”) en horas de la tarde-noche

Anexo 13

Vida Nocturna de la “J”



Nota: La calle José María Alemán la “J” es una calle muy concurrida y visitada por su gran variedad de comercios y su peculiar horario, ya que presenta actividad hasta altas horas de la noche, considerando incluso la pandemia.